

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie  
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. Jürgen Reuther

**DIE POSITION DES CONDYLUS MANDIBULAE –**

**EINE KRITISCHE**

**LITERATURÜBERSICHT**

**INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Christian von Schilcher

aus Düsseldorf

Würzburg, Februar 2004

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Josip S. Bill

Korreferentin: Professor Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

Dekan: Professor Dr. med. Stefan Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 27.07.2004

Der Promovend ist Zahnarzt

**In Liebe**

**meinen Eltern**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	EINFÜHRUNG .....	1
1.2	ANATOMISCHE UND PHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN DES KRANIOMANDIBULÄREN SYSTEMS.....	2
1.3	GESCHICHTLICHER ÜBERBLICK ÜBER DIE POSITIONIERUNG DES KONDYLUS.....	11
1.4	DEFINITION DER KONDYLENPOSITIONEN.....	13
1.4.1	<i>Die zentrische Kondylenposition (Zentrik)</i> .....	15
1.4.2	<i>Habituelle Kondylenposition</i> .....	16
1.4.3	<i>Therapeutische Kondylenposition</i> .....	18
1.4.4	<i>Adaptierte Kondylenposition</i> .....	19
1.4.5	<i>Retrale Kondylenposition (Dorsale Referenzposition)</i> .....	20
1.4.6	<i>Ventrokraniale Referenzposition</i> .....	21
1.4.7	<i>Myozentrische Kondylenposition</i> .....	22
1.5	BESTIMMUNG DER KONDYLENPOSITION.....	23
1.5.1	<i>Dynamische Untersuchungsverfahren:</i> .....	24
1.5.1.1	Registriertechniken zum Einstellen der zentrischen Kondylenposition.....	24
1.5.1.1.1	Passives Verfahren.....	24
1.5.1.1.2	Aktives Verfahren .....	25
1.5.1.1.3	Semiaktives Verfahren.....	25
1.5.1.2	Manuelle Funktionsanalyse.....	26
1.5.1.3	Instrumentelle Funktionsanalyse (Axiographie).....	36
1.5.2	<i>Statische Untersuchungsbefunde</i> .....	38
1.5.2.1	Konventionelle röntgenologische bildgebende Verfahren .....	39
1.5.2.1.1	Panoramaschichtaufnahme .....	40
1.5.2.1.2	Transkraniale exzentrische Schädelaufnahme (Schüller-Aufnahme).....	41
1.5.2.2	Konventionelle Tomographie .....	41
1.5.2.3	Okzipitofrontale Schädelaufnahme nach Clementschisch.....	42
1.5.2.4	Seitliches Fernröntgenbild.....	43
1.5.2.5	Computertomographie (CT) .....	43
1.5.2.6	Digitale Volumen-Tomographie (DVT) .....	44
1.5.2.7	Magnetresonanztomographie (MRT) .....	45

1.5.2.8	Hochfrequenzarthrosonographie.....	46
1.5.3	<i>Eignung bildgebender Verfahren in der Funktionsdiagnostik.....</i>	<i>47</i>
<b>2</b>	<b>KONDYLENPOSITION .....</b>	<b>48</b>
2.1	ANATOMISCHE KONDYLENPOSITION.....	48
2.2	PATHOLOGISCHE KONDYLENPOSITION .....	53
2.3	BEDEUTUNG DER KONDYLENPOSITION IM NORMALZUSTAND UND IN PATHOLOGISCHEN ZUSTÄNDEN .....	58
2.4	EINFLUSS DER OKKLUSION BEI KRANIOMANDIBULÄREN FUNKTIONSSTÖRUNGEN .	67
2.5	EINFLUSS DER KONDYLENPOSITION AUF DIE TRAUMATOLOGIE.....	73
2.6	EINFLUSS DER KONDYLENPOSITION AUF DIE PROTHETIK .....	77
2.7	EINFLUSS DER KONDYLENPOSITION AUF DIE DYSGNATHIECHIRURGIE .....	83
2.7.1	<i>Präoperative Maßnahmen und orthodontische Vorbereitung.....</i>	<i>83</i>
2.7.2	<i>Kieferchirurgie zur Korrektur der skeletalen Dysgnathie .....</i>	<i>85</i>
2.7.3	<i>Orthodontie zur Feineinstellung der Okklusion.....</i>	<i>87</i>
2.7.4	<i>Retention zur Sicherung des erreichten Ergebnisses .....</i>	<i>88</i>
<b>3</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>89</b>
<b>4</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>91</b>

# **1 Einleitung**

## **1.1 Einführung**

Das aufeinander abgestimmte Wechselspiel der Vielzahl von Komponenten, aus denen das Kausystem besteht, ist Grundlage für ein regelrecht funktionierendes, stomatognathes System. Die funktionelle Diagnostik und Therapie des stomatognathen Systems ist in den letzten Jahren immer mehr in den Mittelpunkt der wissenschaftlichen Forschung und klinischen Untersuchung gerückt. Die Registrierung der Funktion und der Dysfunktion der Unterkieferbewegungen ist dabei ein wesentlicher Aspekt der Funktionserfassung. Dabei stellen funktionelle Befunde eine wichtige Entscheidungsgrundlage in jedem zahnmedizinischen Fachbereich dar. Alle zahnmedizinischen Eingriffe verlangen eine Anamnese des Kiefergelenkes. Exemplarisch sind die Prothetik und die Kieferorthopädie zu nennen; auch in der modernen Parodontologie existieren Modelle, die die Ursache einer Parodontopathie in okklusalen Fehlbelastungen sehen (Müller 2001).

Die Funktion des stomatognathen Systems beruht auf einem außerordentlich komplexen Regelkreis, dessen harmonisches Zusammenspiel eine Eufunktion des Kauapparates gewährleistet. Die Gesamtfunktion des stomatognathen Systems ist nach übereinstimmender Ansicht gegenwärtig kaum diagnostisch zu erfassen; keinesfalls kann eine einzelne Untersuchungsmethode umfassenden Aufschluss geben. Die Funktionsdiagnostik ist darüber hinaus für den Einsteiger schwer verständlich, was nicht zuletzt auch an stark divergierenden Ansichten über den Stellenwert einzelner Methoden liegt.

In der vorliegenden Untersuchung erfolgt eine Überprüfung der gesamten verfügbaren Literatur. Es soll der Versuch einer kritischen Würdigung des derzeitigen Wissensstandes im Bereich der Funktionslehre angestrebt werden. Ziel dieser Arbeit ist es, dem Neuling einen Einstieg in dieses Gebiet zu ermöglichen. Die Fragestellungen der Untersuchungen sind so gestellt, dass sie fächerübergreifend Antworten in Bezug auf die Okklusion und Gelenkpositionierung geben.

## **1.2 Anatomische und physiologische Grundlagen des kraniomandibulären Systems**

Das Kauorgan ist keine abgegrenzte anatomische Struktur, sondern eine nach kybernetischen Grundsätzen aufeinander abgestimmte Funktionseinheit (Kobes 1977). Diese besteht aus folgenden Komponenten:

- Zähne
- Parodont
- Ober- und Unterkiefer
- Kau- und Nackenmuskulatur
- Zungen- und Halsmuskulatur
- mimische Muskulatur
- Speicheldrüsen
- vaskuläre und neuronale Versorgung
- Haut, Schleimhäute
- zentrales Nervensystem
- und Kiefergelenk.

Das Kiefergelenk setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen (Abb. 1):

- Processus condylaris mandibulae (Kondylus)
- Capitulum mandibulae
- Fossa mandibularis (Fossa genoidalis)
- Protuberantia articularis (Eminentia)
- Pars squamosa des Os temporalis



- Discus articularis
- Capsula articularis
- Bandapparat
- bilaminären Zone.

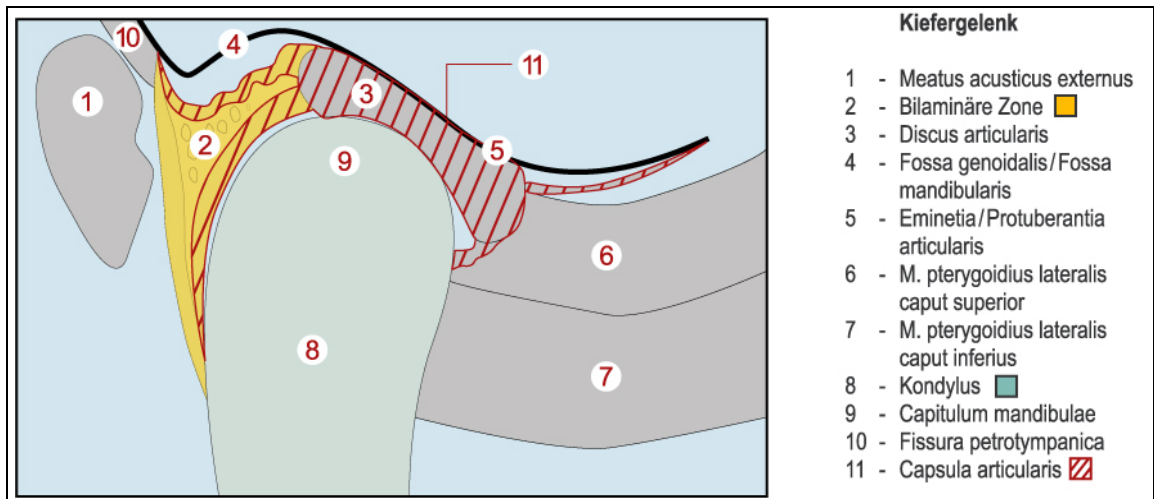


Abbildung 1: Anatomie des Kiefergelenkes

Die knöchernen Bestandteile des Kiefergelenks (besonders Processus condylaris mandibulae, Fossa mandibularis und Protuberantia articularis) können sich durch unphysiologische Belastung verändern. Es kann zu deformierenden und degenerierenden Veränderungen oder zu Gewebeneubildungen kommen. Die Fossa mandibularis und die Protuberantia articularis sorgen für die knöcherne Führung des Kondylus bei jeglichen Unterkieferbewegungen.

Die Weichteile des Kiefergelenks sind der Discus articularis, die Capsula articularis, die bilaminäre Zone und der Bandapparat. Aufgrund des histologischen Aufbaus des Discus ist er in der Lage, Kraftspitzen abzdämpfen und für die Verteilung der Belastung bei Kaubewegungen zu sorgen. Er kann bei unphysiologischen Belastungen seine Form verändern, häufig kommt es zu Verlagerungen des Diskus unter Fehlbelastung.

Die Capsula articularis umgreift den Kondylus flächenhaft. Dorsal ist die Capsula am Pars squamosa des Os temporalis angeheftet. Die Capsula lässt sich

in das hintere Stratum superius, Stratum inferius und das vordere Stratum superius, Stratum inferius unterteilen (Abbildung 2). Die Aufgaben der Kapsel liegen in der Produktion der Synovia und der Propriozeption. Die Gelenkkapsel enthält vier Rezeptortypen (Zimny 1988). Die Innenseite der Kapsel ist mit einer Synovialmembran ausgekleidet (Dijkgraaf et al. 1996a, b), die für die Ernährung und das reibungslose Gleiten des Knorpels wichtig ist.

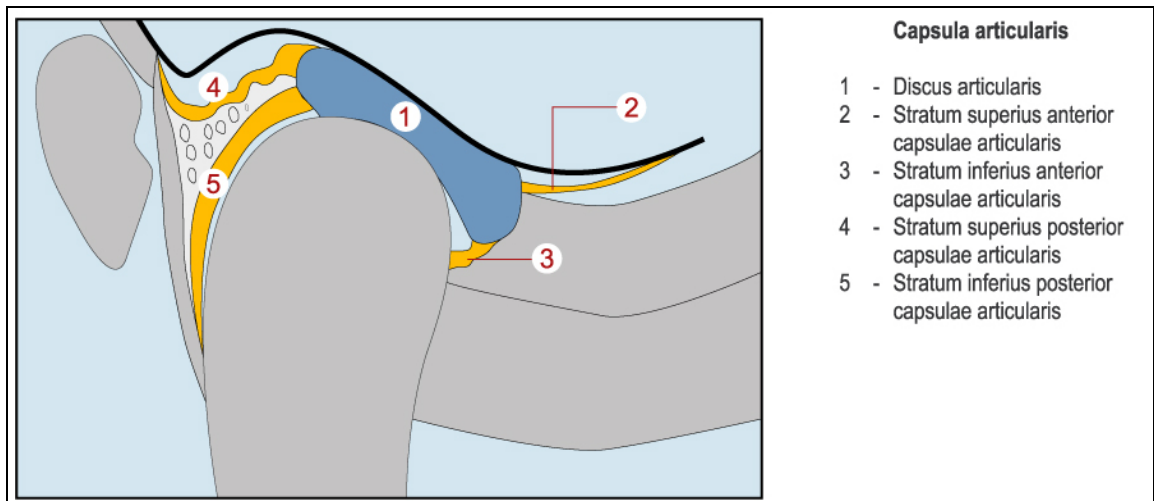


Abbildung 2: Anatomie der Gelenkkapsel

Die bilaminäre Zone wird durch das Genu vasculosum, dem Stratum superius der hinteren Gelenkkapsel, dem Stratum inferius der hinteren Gelenkkapsel und dem posterioren Band gebildet (Abbildung 3). Die bilaminäre Zone sorgt für die sagittale Stabilisierung des Diskus (Bumann et al. 1999) und übernimmt entscheidende Aufgaben bei der Nutrition und Propriozeption des Kiefergelenks.

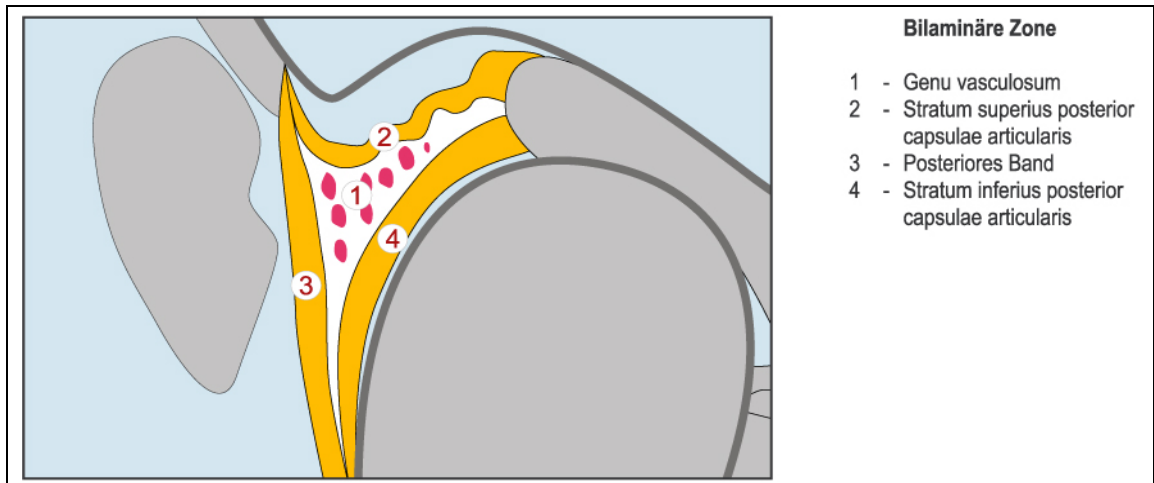


Abbildung 3: Anatomie der bilaminären Zone

Die Ligamente des Kausystems begrenzen die Bewegungen des Unterkiefers, sie schützen die sensiblen Strukturen und übernehmen Führungsfunktionen (Rocabado und Iglarsh 1991). Im Einzelnen gibt es das Ligamentum laterale, das Ligamentum stylomandibulare, das Ligamentum sphenomandibulare, Ligamentum discomallere und das Tanaka-Ligament. Auf die Strukturen, die für die Entstehung von kranio-mandibulären Dysfunktionen entscheidend sind, wird in Kapitel 2.4 ausführlicher eingegangen.

Tabelle 1: Ligamente des Kiefergelenks

Ligamentum:	Lage:	Beschreibung:
Lig. laterale	Ursprung: Os temporalis Ansatz: Kapsel	Lippert (1996)
Lig. stylomandibulare	Ursprung: Processus styloideus Ansatz: Kieferwinkel	Lippert (1996)
Lig. sphenomandibulare	Ursprung: mediale Gelenkkapsel Ansatz: Lingula mandibulae	Lippert (1996)
Lig. discomalleare	Verbindung zwischen Malleus und der medialen Gelenkkapsel	Pinto (1962)
Tanaka-Ligament	Strangförmige Verstärkung der medialen Kapsel	Tanaka (1988)

Bei der Mundöffnung wird durch die Aktivität der suprahyoidalen Muskulatur vorwiegend eine Rotationsbewegung ausgelöst und durch die Aktivität des Musculus pterygoideus lateralis die Translation ermöglicht. Bei der *initialen Öffnung* (Abbildung 4) erfolgt hauptsächlich eine Rotation, die immer mit einer Translationskomponente einhergeht (Maeda et al. 1992, Ferrario et al. 1996). Bei der Rotation des Kondylus kommt es stets zu einer Relativbewegung des Diskus nach dorsal. Dabei wird der Diskus auf dem Kondylus stabilisiert.

In der *intermediären Bewegungsphase* (Abbildung 5) tritt die Translation in den Vordergrund. Der Diskus wird passiv nach ventral mit bewegt (Osborn 1985). Der Spannungszustand im Stratum superius und in der vorderen Gelenkkapsel nimmt kontinuierlich zu, im gleichen Maß nimmt die Spannung im Stratum inferius ab. Die bilaminäre Zone vergrößert sich um das 4- bis 5fache und füllt sich aufgrund des Unterdrucks mit Blut (Wilkinson und Crowley 1994, Ward et al. 1990)

In der *terminalen Phase* (Abbildung 6) wird die maximale Rotation und Translationsbewegung ausgeführt und das Stratum superius und der vordere untere Anteil der Gelenkkapsel sind maximal gespannt. Das Stratum inferius ist vollständig entspannt.

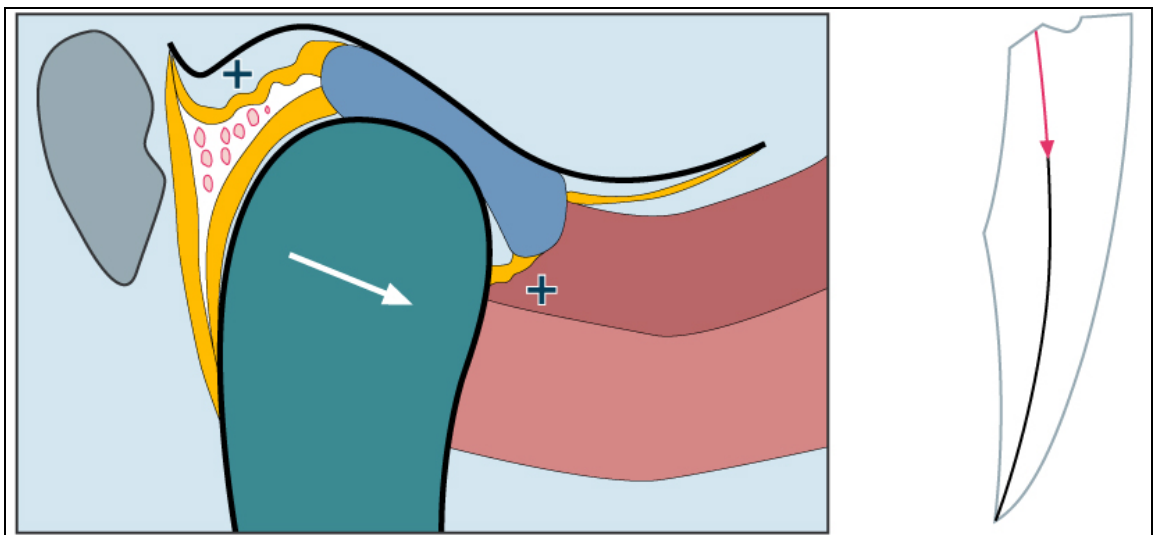


Abbildung 4: Initiale Phase der Mundöffnung, re: Bewegungsvektor im Posseltschen Vektorfeld

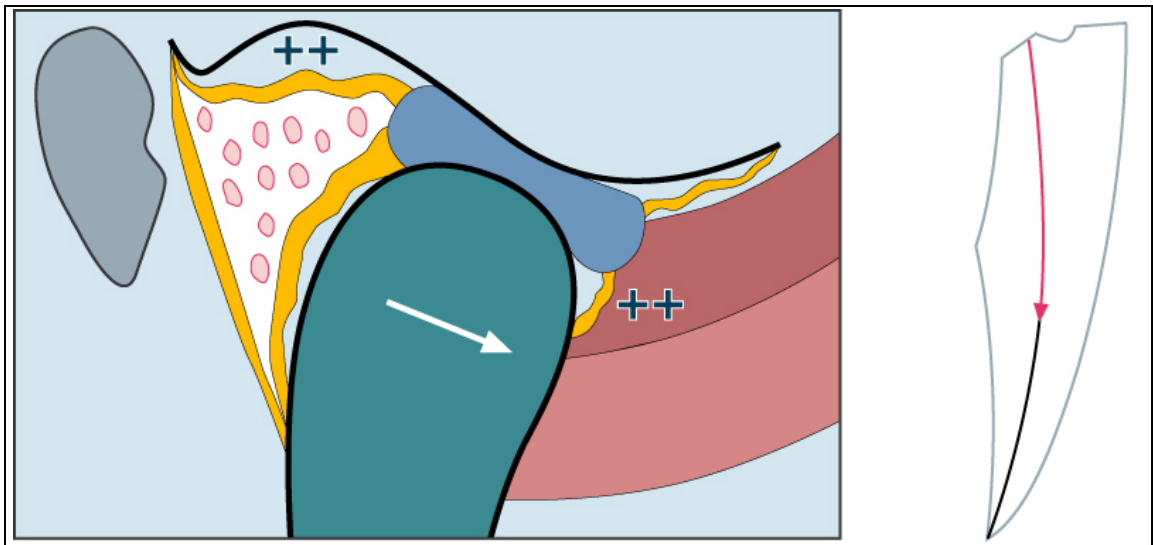


Abbildung 5: Intermediäre Phase der Mundöffnung, re: Bewegungsvektor im Posselt-schen Vektorfeld

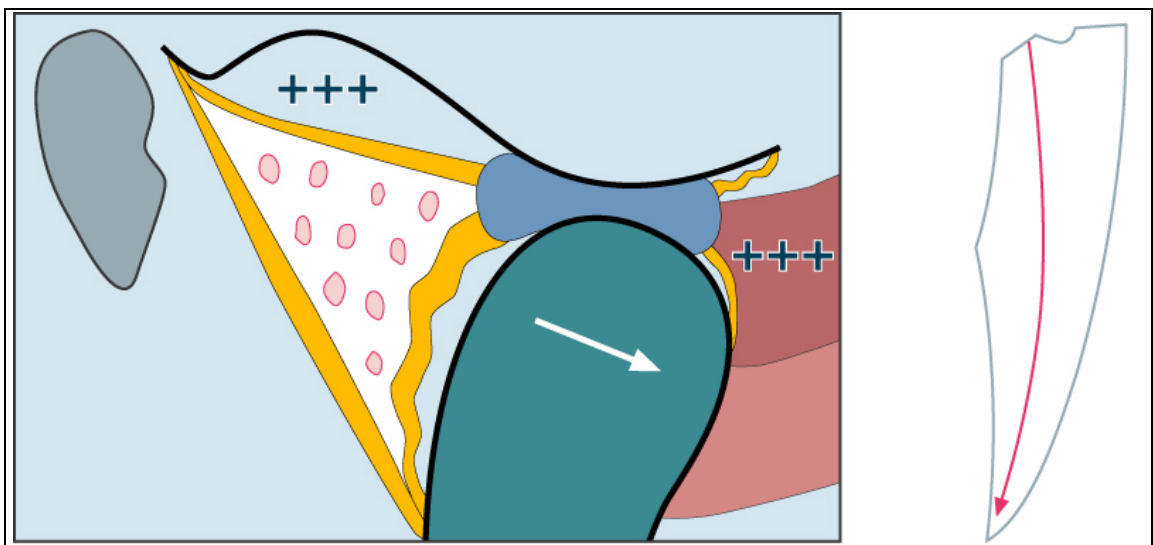


Abbildung 6: Terminale Phase der Mundöffnung, re: Bewegungsvektor im Posseltschen Vektorfeld

Bei der *Mundschließbewegung* sorgen der Musculus temporalis, Musculus masseter, Musculus pterygoideus medialis und das Caput superior des Musculus pterygoideus lateralis für den Mundschluss. Grundsätzlich gilt beim Mund-

schluss, dass der Diskus relativ zum Kondylus nach ventral geführt wird. In der *initialen Phase* (Abbildung 7) bremst das Caput superius des Musculus pterygoideus lateralis die Dorsalbewegung des Kondylus. Der Diskus wird passiv durch die Spannung des Stratum superius nach dorsal geführt (Dauber 1987). Die bilaminäre Zone steht zu dem Zeitpunkt unter einem physiologischen Überdruck (Ward et al. 1990).

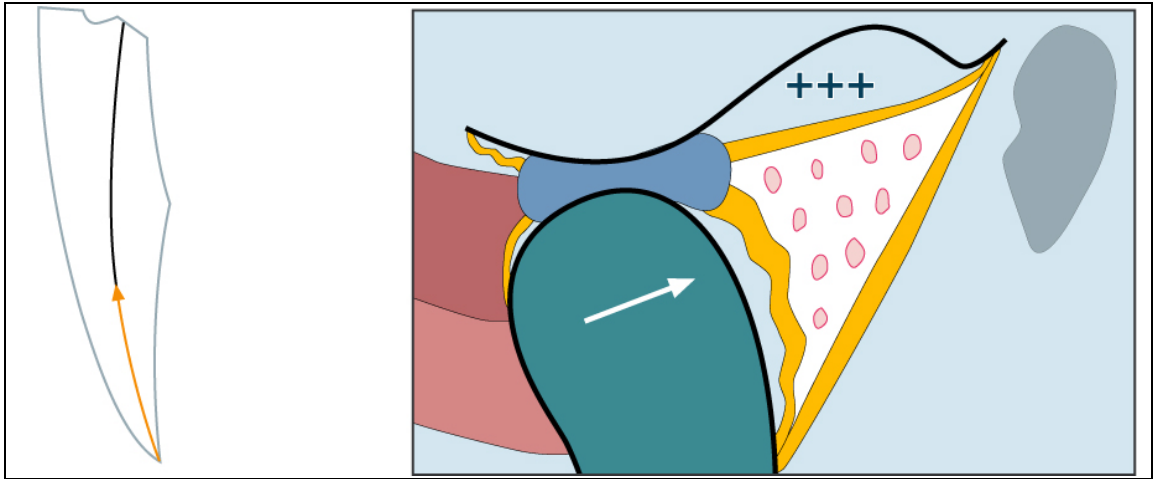


Abbildung 7: Initiale Phase der Mundschließbewegung, li: Bewegungsvektor im Posselt-schen Vektorfeld

In der *intermediären Phase* (Abbildung 8) stabilisiert das Caput superius weiterhin den Kondylus an der Protuberantia. Der Diskus wird passiv durch die Konvexität des Pars posterior nach dorsal geführt (Carpentier et al. 1988).

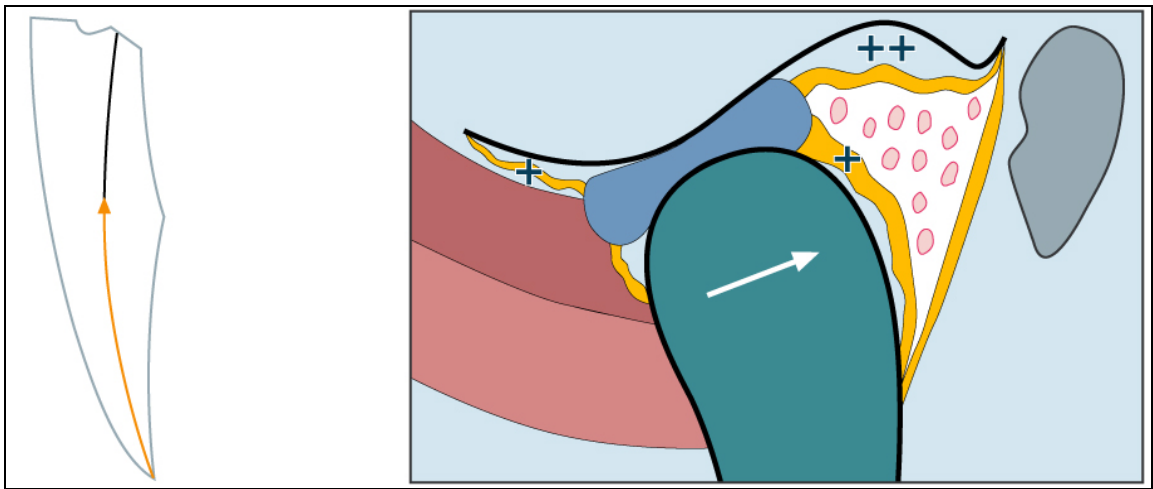


Abbildung 8: Intermediäre initiale Phase der Mundschließbewegung, li: Bewegungsvektor im Posseltschen Vektorfeld

Während der *terminalen Schlussrotation* (Abbildung 9) hält das straffe Stratum inferius den Diskus auf dem Kondylus (Lubert und Bobst 1991).

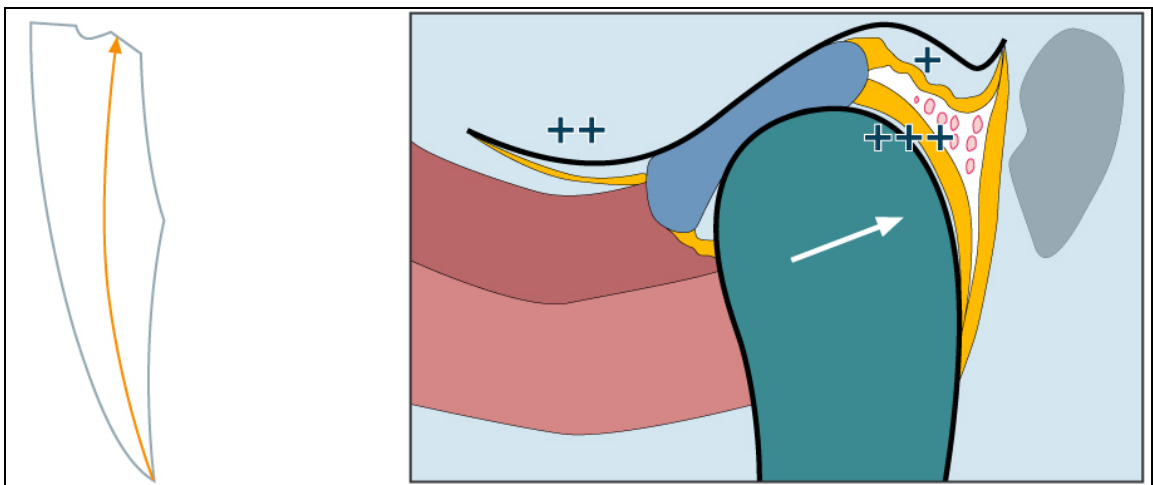


Abbildung 9: Terminale Phase der Mundschließbewegung, li: Bewegungsvektor im Posseltschen Vektorfeld

Bei der *Lateralbewegung* des Unterkiefers wird der Kondylus auf der Arbeitsseite nach lateral geführt. Der Kondylus führt eine Laterotrusion aus. Der Kondylus der kontralateralen Seite wird nach zentral geführt, er führt eine Mediotrusion aus (Abbildung 10a, b, c).

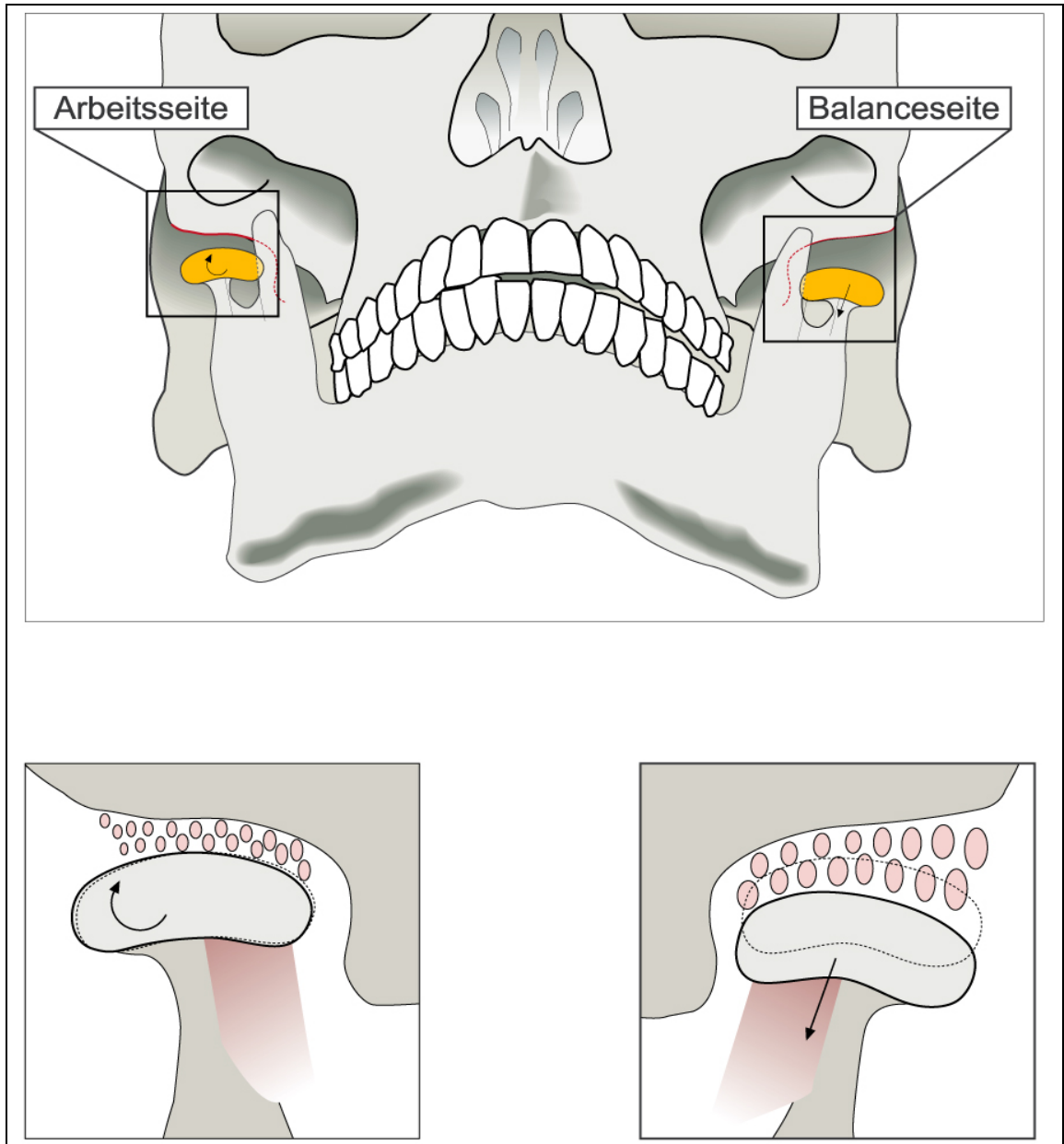


Abbildung 10 a: Lateralbewegung des Unterkiefers in der Frontal-Ebene (oben)  
b: Laterotrusionsbewegung des Kondylus der Arbeitsseite (unten links)  
c: Mediotrusionsbewegung des Kondylus der Balanceseite (unten rechts)



Bei einer geringen Lateralbewegung, auf der Arbeitsseite 0,9 mm und auf der Balanceseite 0,4 mm, kommt es zu keinen unphysiologischen Belastungen im Kiefergelenk (Lückerath und Helfgen 1991). Bei einer Laterotrusionsbewegung dreht sich der Kondylus um eine vertikale Achse, die durch die Mitte des Kondylus verläuft (Abbildung 10b). Bei einer Überdehnung des Ligamentum laterale kann aber auch eine Lateroretrusion auftreten. In diesem Fall würden die lateralen Anteile der bilaminären Zone unphysiologisch belastet (Coffey et al. 1989). Bei der Mediotrusionsbewegung bewegt sich der Kondylus in der Horizontalebene nach ventral, medial und kaudal (Abbildung 10c). Die Gelenkflächen und die Gelenkkapsel werden belastet, die bilaminäre Zone dagegen wird entlastet.

### **1.3 Geschichtlicher Überblick über die Positionierung des Kondylus**

Die Zahnheilkunde hat sich erst im 18. Jahrhundert als autonome Fachrichtung von der Medizin gelöst. Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts beschränkte sich die Zahnmedizin auf die Behandlung kariöser Zahndefekte und auf lokalisierte Entzündungen im Mundbereich sowie die prothetische Versorgung des Lückengebisses und der Zahnlosigkeit. Das oberste Ziel war ein kosmetisch möglichst ansprechendes Ergebnis, die funktionellen Aspekte spielten bei der Anfertigung von Zahnersatz eine eher untergeordnete Rolle. Erst die Forschungsarbeiten von Gysi schafften ein Umdenken. So wurde erst um die vorige Jahrhundertwende über die Kondylenpositionierung von Gysi berichtet. Gysi vertrat die Meinung, die zentrische Kondylenposition sei über die zentrale Okklusion reproduzierbar, und der gotische Bogen beschreibe die Kieferrelation. Der gotische Bogen ergibt sich aus dem anterioren Teil (Pfeilwinkel) des Rhombus, der bei der Grenzbewegung des Inzisalpunktes in der Horizontalebene aufgezeichnet wird. McCollum (1921) stellte fest, dass nur über die Scharnierachse die physiologische Kondylenposition zu bestimmen sei.

Sheppart (1959) propagierte, nicht die retrale Lage, sondern eine intermediäre Position sei die richtige. Die Muskulatur und Zähne stehen nur in dieser Position in einem harmonischen Gleichgewicht. Lauritzen (1964) griff den Gedanken von McCollum auf, es existiere eine terminale Scharnierachse, die die korrekte

Position determiniert; so müsse zuerst die terminale Scharnierachse bestimmt werden, um anschließend Aussagen über die Kondylenposition zu tätigen. Mühlmann (1966/1967) gibt an, bei gelockerter Muskulatur und zuvor bestimmter Scharnierachse müsse der Unterkiefer mit sanftem retrudierendem Druck auf der Bahn der Scharnierachsenbewegung bis zum okklusalen Kontakt in die zentrale Relation geführt werden. Bauer (1978) brachte den Gedanken ein, dass es wichtig sei, die Symmetrie des rechten und linken Kondylus bei der Kondylenpositionierung zu berücksichtigen. Die rückwärtige, kranial nicht seitenverschobene zentrische Kondylenposition in der zentralen Okklusion sei die richtige. Ebenfalls veröffentlichte Stuart (1978) seine Ergebnisse zur Bestimmung der zentrischen Kondylenposition. Er legte Wert auf die Reproduzierbarkeit seiner Registrate. Da nur die retrale Kondylenposition reproduzierbar sei, solle auch diese für die Rekonstruktion verwendet werden. Gerber (1986) widersprach, eine retrale Position sei physiologisch falsch. Die Muskeln geben die Position der Kondylen vor. Ihm war auch der Symmetrie-Aspekt sehr wichtig. So postulierte er: „Eine forcierte Retrusion ist abzulehnen, denn die Muskeln geben die Position vor. Es ist dabei darauf zu achten, dass in kranioventraler Richtung die Symmetrie der beiden Kondylen einzuhalten ist“ (Gerber 1986). 1992 konnte sich die Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik in der DGZMK auf eine gemeinsame Definition einigen, die auf dem minimalen Konsens der derzeitigen Lehrmeinungen basiert: „Die zentrische Kondylenposition ist eine in kranioventraler Richtung, nicht seitenverschobene Position beider Kondylen, die bei physiologischer Kondylus-Diskus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe eingenommen wird.“

Tabelle 2: Historische Kurzdarstellung der zentrischen Kondylenposition (nach Houbé 2000)

Autor	Jahr	Kurzdefinition
Gysi (1926)	Um ca. 1900	Zentrale Okklusion ist reproduzierbar, durch den gotischen Bogen wird die Kieferrelation festgelegt.
McCollum (1960)	1921	Bestimmung der Scharnierachse ist bekannt und wird zur Kieferrelations-Bestimmung benutzt.
Sheppard et al. Jacobson(1959)	1959	Nicht die retrale Lage sondern eine intermediäre Lage, in der Kiefergelenk, Muskulatur und Zähne im harmonischen Gleichgewicht stehen.
Lauritzen et al.	1964	Fordert die möglichst exakte Bestimmung der terminalen Scharnierachse
Mühlman et al.	1966/67	Bei gelockerter Muskulatur wird der Unterkiefer mit sanftem retrudierendem Druck in die Scharnierbewegung bis zum okklusalen Kontakt in die zentrale Relation gebracht.
Bauer et al.	1978	Rückwärtig, kranial, nicht seitenverschoben ist die zentrale Okklusion.
Stuart	1978	Aufgrund der Reproduktion nur die forcierte, rückwärtigste Unterkiefer-Position.
Gerber	1986	Lehnt forcierte Retrusion ab, muskuläre Registrierung bei kranial, ventral und nicht seitenverschobenen Kondylen.
Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik	1992	Kranioventrale, nicht seitenverschobene Position beider Kondylen bei physiologischer Kondylus-Diskus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe.

#### 1.4 Definition der Kondylenpositionen

Wie bereits beschrieben, wird seit vielen Jahrzehnten in der Zahnheilkunde diskutiert, welche Kondylenpositionen es gibt und wie sie definiert sind. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, verschiedene Kondylenpositionen für verschiedene Therapieansätze festzulegen. So scheint heute eine Unterteilung in vier verschiedene Kondylenpositionen ausreichend. Van Blarcon (1994) und Lotzmann (1999) definieren die zentrische, habituelle, therapeutische Kondylenposition. Da in der täglichen Praxis eine Vielzahl von Kiefergelenken von diesem Idealzustand abweicht, wurde von Dawson (1995) der Begriff der adaptierten Kondylenposition eingeführt. Wie zahlreiche Untersuchungen unterschiedlicher Patientenpopulationen zeigen konnten, ist weder bei symptomlosen Probanden

noch bei Patienten mit pathologisch veränderten Kiefergelenken eine definierte, allgemeingültige anatomische Kondylenposition nachweisbar (Pullinger et al. 1985, Alexander et al. 1993, Ren et al. 1995a, 1995b, Braun et al. 1997). So besteht die Notwendigkeit der Reproduzierbarkeit der Kondylenposition. Es haben sich die dorsale Referenzposition, die ventrokraniale Referenzposition und die myozentrische Kondylenposition als geeignet herausgestellt, da diese in der Praxis leicht zu ermitteln sind.

In der folgenden Tabelle wird ein Überblick über die derzeitig verwendeten Kondylenpositionen gegeben. Im Anschluss werden die Einzelnen Positionen erläutert.

Tabelle 3: Definition aktuell verwendeter Kondylenpositionen

Name der Kondylenposition	Autor	Verwendungszweck/ Kurzdefinition
Zentrische Kondylenposition	van Blarcon (1994) Lotzmann (1999)	Stellt die Kondylenposition bei physiologischen anatomischen Verhältnissen und physiologischer Belastungen dar (ist okklusionsunabhängig)
Habituelle Kondylenposition	van Blarcon (1994) Lotzmann (1999)	Vom Patienten gewohnheitsmäßig eingenommene, durch die Okklusion determinierte Kondylenposition
Therapeutische Kondylenposition	van Blarcon (1994) Lotzmann (1999)	Ist vom Behandler willkürlich festgelegt, hat das Ziel überbelastete Strukturen zu entlasten
Adaptierte Kondylenposition	Dawson (1995)	Stellt die Kondylenposition nach Adaptationsvorgängen dar (häufigste angetroffene Kondylenposition)
Retrale Kondylenposition	Bumann und Lotzmann (2000)	Stellt den Kondylus in die dorsalste Position, sie ist eindeutig reproduzierbar
Ventrokraniale Referenzposition	Bumann und Lotzmann (2000)	Stellt den Kondylus in eine ventrale eindeutig reproduzierbare Position
Myozentrische Kondylenposition	Bumann und Lotzmann (2000)	Stellt den Kondylus in eine eindeutig reproduzierbare Position, die Position stellt die Summe aller muskulären Kraftvektoren dar (bei relaxierten Muskeln)

#### 1.4.1 Die zentrische Kondylenposition (Zentrik)

Die zentrische Kondylenposition nach van Blarcon (1994) und Lotzmann (1999) ist definiert als kranioventrale, nicht seitenverschobene Position beider Kondylen bei physiologischer Kondylus-Diskus-Relation und physiologischer Belastung.

tung der beteiligten Gewebe. Die zentrische Kondylenposition ist völlig unabhängig von der Okklusion eines Patienten. Sie kann daher klinisch nur erfasst werden, wenn keine Zahnkontakte vorliegen. Die Positionierung des Kondylus in kranioventraler Richtung erfolgt ausschließlich über das neuromuskuläre System. Jede Manipulation führt zu Abweichungen.

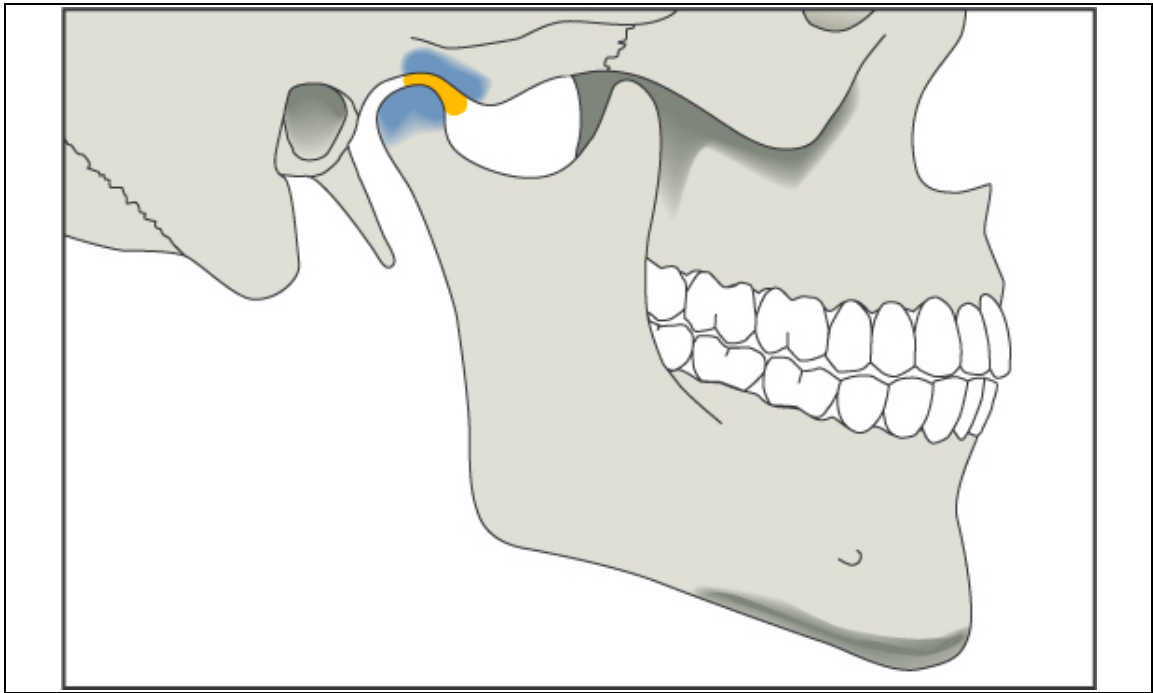


Abbildung 11: Zentrische Kondylenposition

#### 1.4.2 Habituelle Kondylenposition

Die habituelle Kondylenposition nach van Blarcon (1994) und Lotzmann (1999) ist definiert und beschrieben als gewohnheitsmäßig eingenommene Lage des Kondylus an der Protuberantia articularis. Die habituelle Kondylenposition ist ausschließlich von der statischen Okklusion des Patienten abhängig, jedoch völlig unabhängig von der Fossa und der Position des Diskus. Im Idealfall kann die habituelle Kondylenposition mit der zentrischen übereinstimmen.

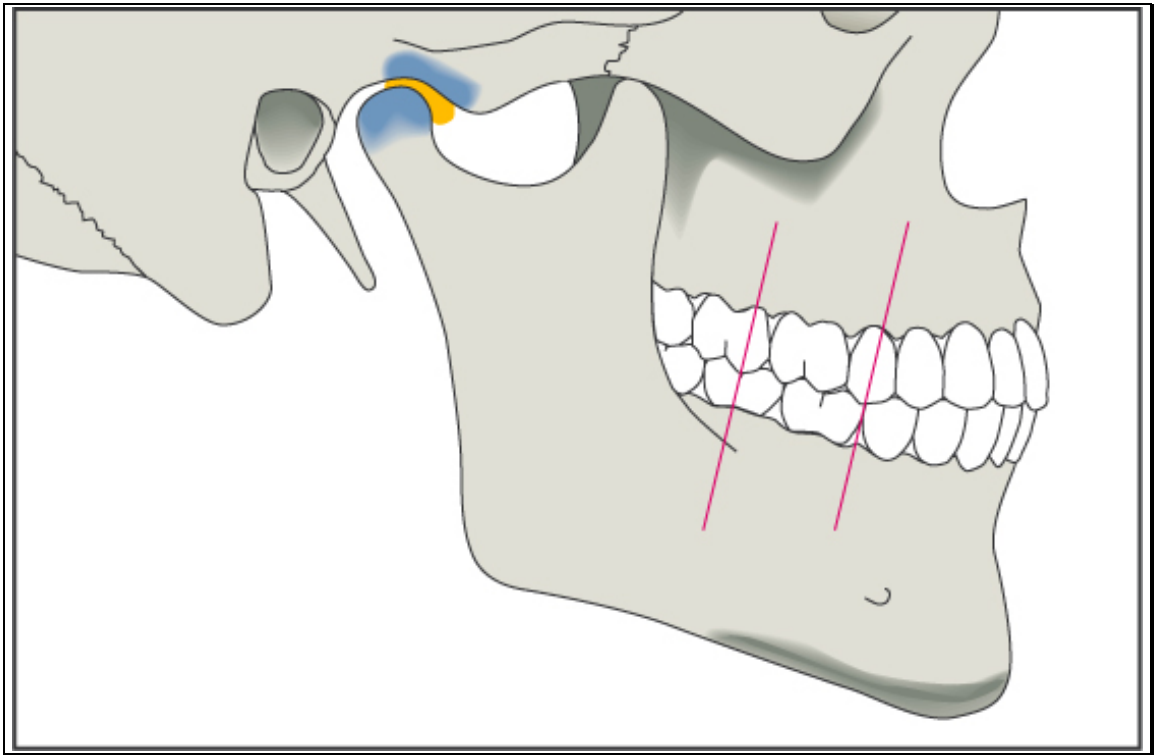


Abbildung 12: Habituelle Kondylenposition

### 1.4.3 Therapeutische Kondylenposition

Die therapeutische Kondylenposition nach van Blarcon (1994) und Lotzmann (1999) ist eine willkürlich vom Behandler festgelegte Position des Kondylus, mit dem Ziel, bei anterioren Diskusverlagerungen die funktionelle Einheit zwischen Diskus und Kondylus wiederherzustellen, oder bei Kapsulitiden die bilaminäre Zone temporär zu entlasten. In der Regel wird dieses Ziel durch die Eingliederung einer Aufbissschiene mit Impressionen im Seitenzahnbereich und Retrusionsflächen im Prämolaren-/Eckzahnbereich klinisch umgesetzt.

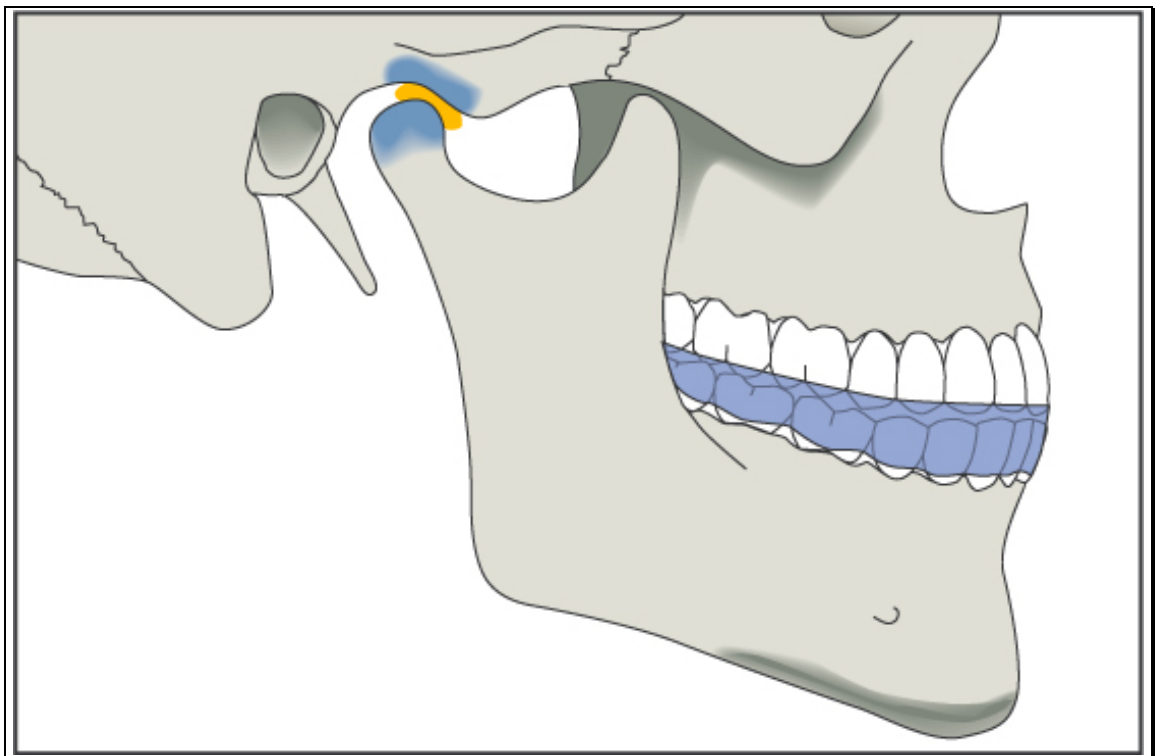


Abbildung 13: Therapeutische Kondylenposition



#### 1.4.4 Adaptierte Kondylenposition

Unter der adaptierten Kondylenposition nach Dawson (1995) werden alle Fossa-Diskus-Kondylus-Relationen verstanden, die innerhalb der individuellen Adaptationsbreite von der idealen Norm abweichen. Diese Kondylenposition wird am häufigsten angetroffen.

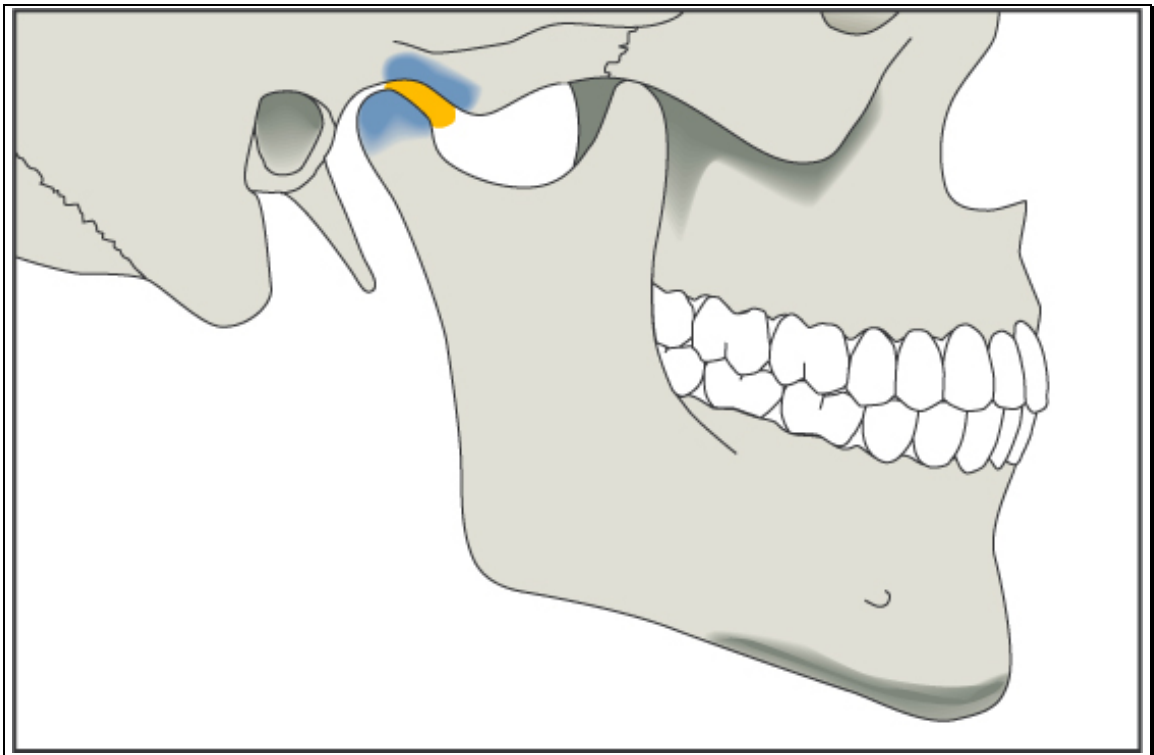


Abbildung 14: Adaptierte Kondylenposition

#### 1.4.5 Retrale Kondylenposition (Dorsale Referenzposition)

Die retrale Kondylenposition wird erreicht, indem der Behandler den Unterkiefer unter Druckapplikation nach retral führt. Dies erlaubt die Einstellung einer reproduzierbaren Unterkieferposition, die aber nicht mit der neuromuskulären Relation übereinstimmt (Bumann und Lotzmann 2000).

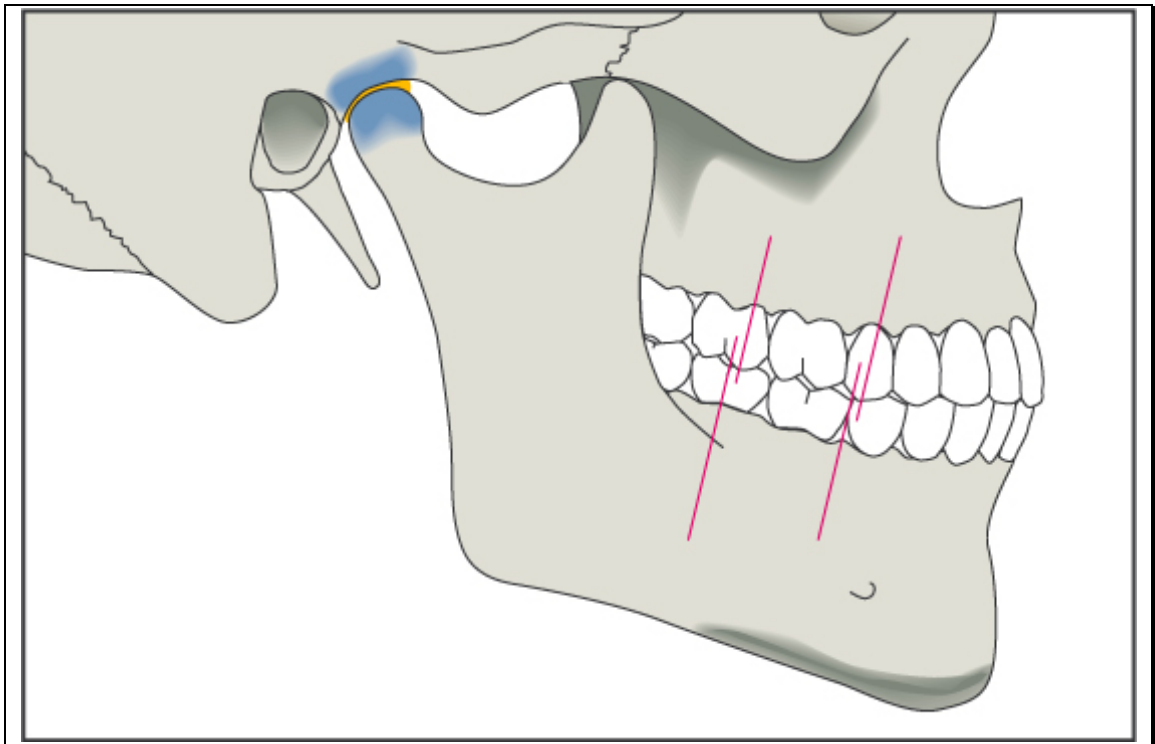


Abbildung 15: Retrale Kondylenposition

#### 1.4.6 Ventrokraniale Referenzposition

Die ventrokraniale Referenzposition wird erreicht, indem die Kondylen über den Pars intermedia des Diskus gegen die Eminentia geführt wird. Diese Technik verhindert artifizielle Dorsalverlagerungen, setzt aber eine intakte Diskus-Kondylus-Relation voraus. Sie fällt häufig nicht mit der neuromuskulären Zentrik zusammen (Bumann und Lotzmann 2000).

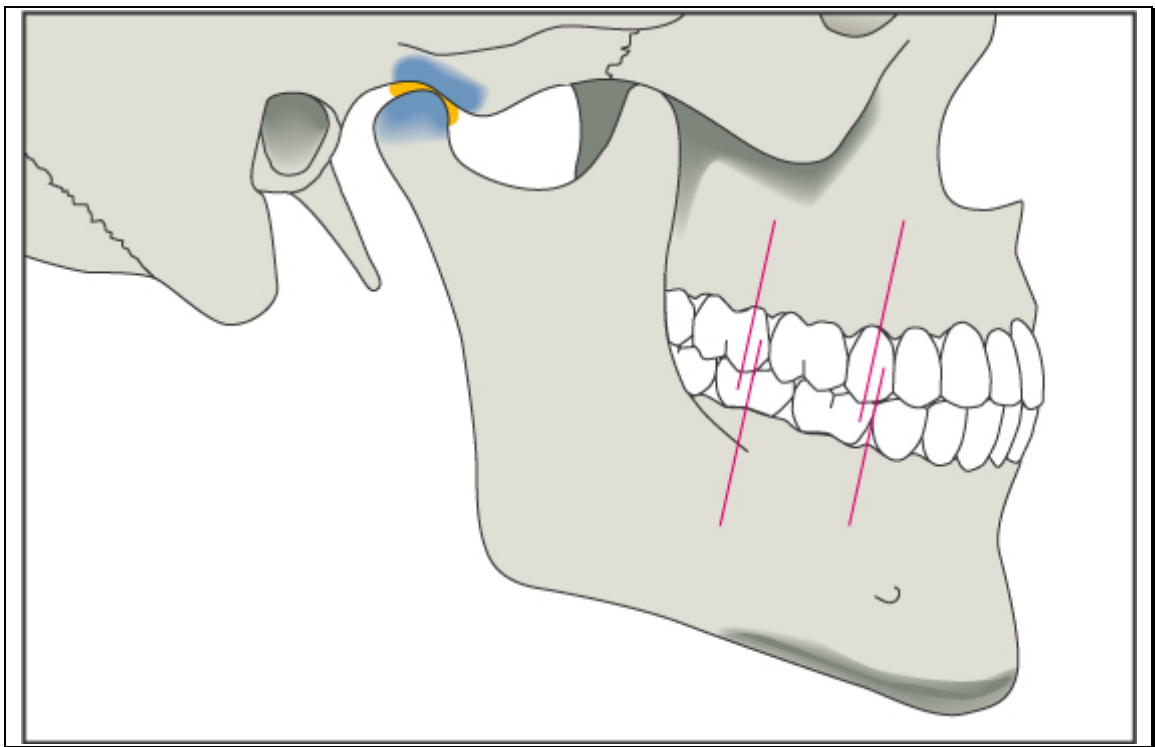


Abbildung 16: Ventrokraniale Kondylenposition

#### 1.4.7 Myozentrische Kondylenposition

Die myozentrische Kondylenposition oder „Myozentrik“ wird erreicht, indem der Patient eine aufrechte Körper- und gerade Kopfhaltung einnimmt. Unter rhythmischer Elektrostimulation wird die Kaumuskulatur entspannt. Aus der somit veränderten Ruhelage schließt der Patient um zwei bis drei Millimeter zwanglos in die „myozentrische“ Unterkieferposition. Die Myozentrik liegt zumeist auch bei Gesunden ventral der maximalen Interkuspidation (Bumann und Lotzmann 2000).

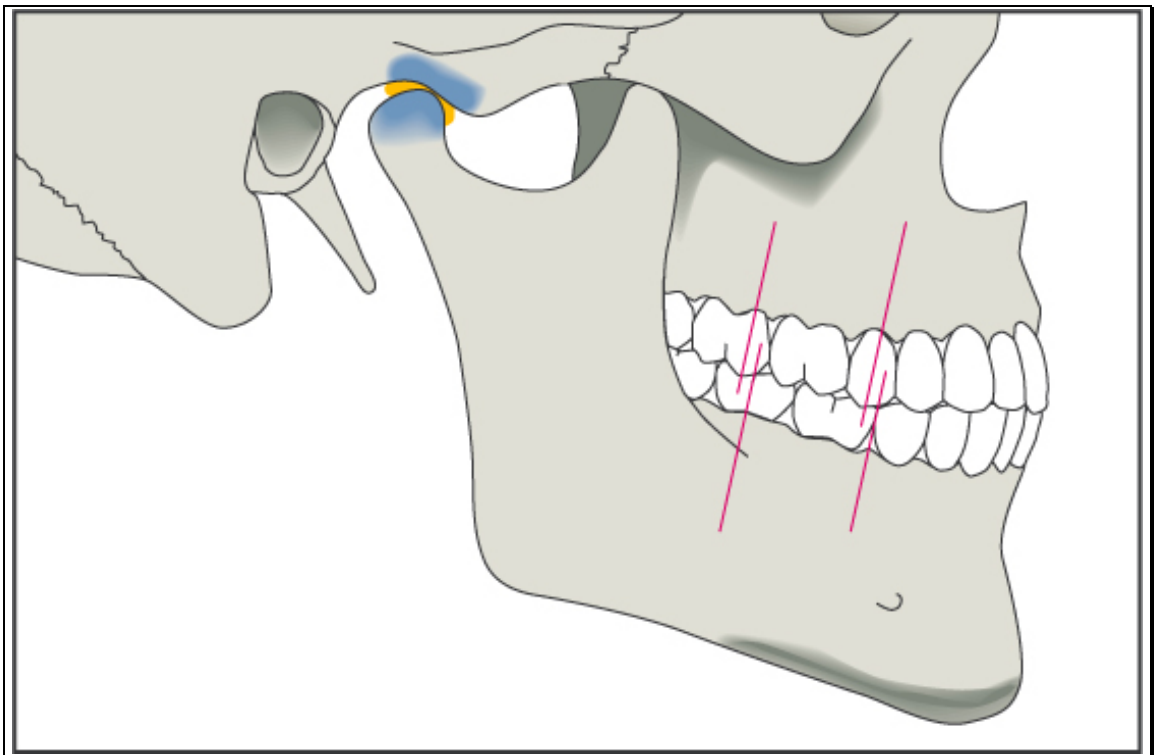


Abbildung 17: Myozentrische Kondylenposition

## **1.5 Bestimmung der Kondylenposition**

Es werden zwei Untersuchungsverfahren der Position der Kondylen unterschieden: Dynamische und statische Untersuchungen. Zu den dynamischen Untersuchungsmethoden gehören:

- Registriertechniken
- manuelle Funktionsanalyse
- instrumentelle Funktionsanalyse.

Zu den statischen Untersuchungsverfahren gehören alle Formen der bildgebenden Verfahren:

- konventionelle röntgenologische Verfahren:
  - Panoramaschichtaufnahme
  - transkraniale exzentrische Schädelaufnahme
  - konventionelle Tomogramme
  - okzipitofrontale Schädelaufnahme nach Clementschisch
  - seitliches Fernröntgenbild
- Computertomographie
- digitale Volumen-Tomographie
- Magnetresonanztomographie
- Hochfrequenzarthrosonographie.

### 1.5.1 Dynamische Untersuchungsverfahren:

#### 1.5.1.1 *Registriertechniken zum Einstellen der zentrischen Kondylenposition*

Grundsätzlich werden aktive, passive und semiaktive Verfahren der zentrischen Kondylenpositionierung unterschieden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Registriertechniken

	Verfahren	Definition
1	Passives Verfahren	Der Behandler führt den Patienten in die entsprechende Kondylenposition
2	Aktives Verfahren	Der Patient findet die entsprechende Kondylenposition ohne Einflussnahme des Behandlers
3	Semiaktives Verfahren	Entspricht dem aktiven Verfahren welches durch Registrierhilfen ergänzt wird

##### 1.5.1.1.1 Passives Verfahren

Eine häufig angewendete passive Methode ist die bimanuelle oder Dreifinger-Manipulationstechnik nach Dawson (1976). Dabei wird unter Druckapplikation die Unterkieferbasis nach kranial geschoben. Die Kondylen werden dadurch senkrecht gegen den posterioren Abschnitt der Eminentia geführt. Durch geringe und passiv ausgeführte Öffnungs- und Schließbewegungen wird der Unterkiefer in die terminale Scharnierachsenposition manipuliert. Sofern der Patient unter Druckapplikation keinen Schmerz im Kiefergelenkbereich verspürt, ist die zentrische Position als die wichtigste Beziehung zwischen Ober- und Unterkiefer anzusehen, die für das Wohlbefinden des Patienten verantwortlich ist. Das stomatognathe System kann nur unter diesen Bedingungen fehlerfrei funktionieren. So kann die zentrische Kondylenposition nach Dawson als die intermaxilläre Referenzposition für okklusionsbezogene Diagnostik und Therapie angesehen werden.

#### 1.5.1.1.2 Aktives Verfahren

Alternativ kann eine aktiv durch den Patienten durchgeführte Kondylenpositionierung angewendet werden. Die Mandibula wird nur initial manipuliert, im weiteren Verlauf führt der Patient aktiv den Unterkiefer in die Zentrik (Motsch 1978, Schöttl 1978). Die rein aktiven Registrierungen, die ohne Unterstützung des Behandlers auskommen, haben häufig das Problem, dass der Patient die Mandibula zu weit ventral positioniert. Um dies zu vermeiden, wird die Anspannung der supra- und infrahyoidalen Muskulatur empfohlen. Eine Möglichkeit ist, den Patienten schlucken zu lassen, um danach in die Zentrik zu gelangen (Hromotka 1959). Eine andere Möglichkeit ist, den Patienten aufzufordern, die Zunge an einer bestimmte Position (z. B. Gaumendach oder A-Linie) zu halten, damit eine Ventralverlagerung vermieden wird (Kobes et al. 1993).

#### 1.5.1.1.3 Semiaktives Verfahren

Die semiaktiven Registriertechniken gehen auf die aktiven Methoden zurück, werden aber durch sogenannte Registrierhilfen ergänzt. Ein inzisaler Aufbiss als Registrierhilfe (Wolf und Weißling 1992) soll die Reproduzierbarkeit der ermittelten Zentrik erhöhen (Strohaver 1972). Intra- und extraorale Stützstiftsysteme (Gerber 1964a, 1964b, 1971, Weber 1965, Tradowsky et al. 1981) haben den Nachteil, dass die Durchführung sehr aufwendig und die Reproduzierbarkeit nicht eindeutig gegeben ist. Häufig sind die Patienten, bei denen ein Zentrikregistrat genommen werden muss, neuronal deprogrammiert und muskulär in einer Fehlposition fixiert. Mit Hilfe einer Autoreposition würde der Patient reproduzierbar in die Zentrik finden. Das Stützstiftsystem nach Gerber bietet diese Möglichkeit nicht (Gerber 1964a, 1964b, 1971). Durch Stress, emotionale Labilität oder psychische Anspannung wird das Zentrikregistrat nach Gerber ebenfalls beeinflusst (Cueni und Graber 1986). Mit einem Axio-graphen als Registrierhilfe kann über Scharnierachsenspuren die Zentrik bestimmt werden. Mit einem paraokklusal fixierten Registriergerät wird die Kondylenposition definiert eingestellt (Kubein et al. 1979, Jädig et al. 1980, Stachniss, Kubein-Meesenburg 1985). Die Myozentrik ist mit Hilfe eines Myomoni-tors (Jankeson und Swain 1972) ermittelbar. Durch elektrische Stimulation wird die Kaumuskulatur entspannt. So wird die neuromuskulär determinierte zent-

rische Lage der Kondylen zum Schädel ermittelt (Jankelson und Radke 1978a, 1978b, Schöttl 1991).

#### 1.5.1.2 Manuelle Funktionsanalyse

Nach der gemeinsamen Stellungnahme der DGZMK und der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) der DGZMK (Ahlers et al 2003) gilt die manuelle Funktionsanalyse (auch klinische Funktionsanalyse genannt) als die einleitende Untersuchung für jegliche Funktionsdiagnostik. Die instrumentelle Funktionsanalyse und die bildgebenden Verfahren sind als ergänzende diagnostische Untersuchungen zur manuellen Funktionsanalyse anzusehen.

---

Stellungnahme der DGZMK und der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) in der DGZMK (Ahlers et al. 2003):

*Bei der klassischen manuellen Funktionsanalyse werden pathologische Veränderungen im Bereich der Zahnhartsubstanzen, der Okklusion (statische und dynamische Okklusion), der Parodontien, der Kau- und Hilfsmuskulatur sowie der Kiefergelenke durch Inspektion, Palpation und Auskultation festgestellt. Aus den Befunden können Rückschlüsse auf den Funktionszustand des Kauorgans, die Notwendigkeit weiter differenzierender Untersuchungen sowie gegebenenfalls für funktionelle Therapie gezogen werden.*

*Die Indikation und die Ziele der manuellen Funktionsanalyse erstreckt sich auf:*

- 1. Funktionelle Untersuchung des kranio-mandibulären Systems bei Verdacht auf das Vorliegen funktionell bedingter Zahn-, Kiefergelenk- und Muskelerkrankungen (zusammenfassende Diagnose: kranio-mandibuläre Dysfunktionen (CMD); historische Symptome: orofaziale Funktionsstörung, orofaziale Myoarthropathie, orofaziales Schmerzsyndrom, mandibuläres Dysfunktions-syndrom).*
- 2. Entscheidung über die Notwendigkeit weiter differenzierender beziehungsweise bestätigender zahnärztlicher (instrumentelle Funktionsanalyse) und anderer*



*ärztlicher Untersuchungsverfahren (psychosomatische und oder bildgebende und/oder orthopädische sowie rheumatologisch-internistische Diagnostik).*

- 3. Funktionelle Untersuchung des kraniomandibulären Systems bei Notwendigkeit rekonstruktiver Maßnahmen im Kauorgan zur Aufdeckung gegebenenfalls latent vorhandener funktioneller Probleme und zur Behandlungsplanung*
  - 4. Kieferorthopädische Behandlungsplanung (erste, zum teil diskrete Symptome können bereits bei Kindern und Jugendlichen vorhanden sein und müssen daher auch im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung Berücksichtigung finden)*
  - 5. Funktionelle Nachuntersuchung des kraniomandibulären Systems im Rahmen der Funktionstherapie (Verlaufskontrolle).*
  - 6. Entscheidung über die Bedeutung psychologischer Einflussfaktoren im Vergleich zu dentalen insbesondere okklusalen Faktoren.*
  - 7. Konsiliarische Untersuchung bei Problemen des Halte- und Bewegungsapparats beziehungsweise des Hörorgans (Kodiagnostik bei Tinnitus)*
- 

Bei der manuellen Funktionsanalyse können folgende Symptome diagnostiziert werden:

- Knacken
- Verkrampfungen
- Schmerzen
- Dyskoordinationen
- Reiben
- Haken
- Blockieren.

Einigkeit besteht über das Zustandekommen der Symptome Knacken, Verkrampfungen, Dyskoordinationen, Reiben und Blockieren. Das Symptom Schmerzen hingegen wird kontrovers diskutiert. Es besteht Uneinigkeit darüber, ob die Schmerzen arthrogenen oder myogenen Ursprungs sind. Linde und Isacsson 1990 sowie Wanman 1995 sehen ein Verteilungsmuster von ca. 80% arthrogen und 20% myogen, Jensen und Rasmussen 1996 hingegen finden ein fast umgekehrtes Verhältnis.

Das Symptom Haken kann auch als eine ausgeprägte Form des Knackens verstanden werden. Bei einer Verlagerung des Kondylus nach distokranial (Abbildung 18a) muss der Kondylus bei der Mundöffnung sich zuerst nach kranial (Abbildung 18b) und anschließend nach ventral (Abbildung 18c) verlagern, um auf den Diskus zu springen. Je weiter der Kondylus nach distokranial verlagert ist desto ausgeprägter ist das Haken.

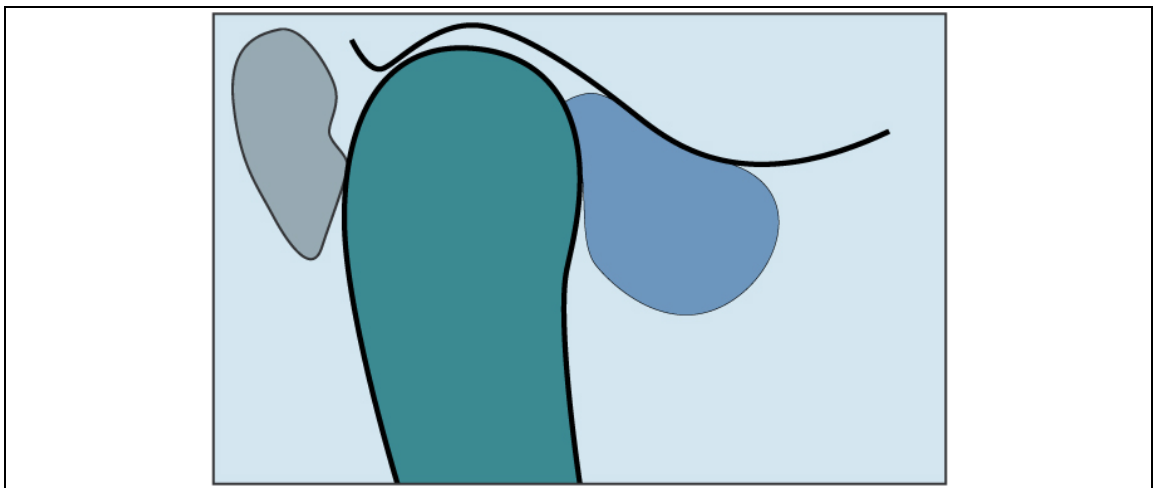


Abbildung 18a: Symptom Haken: -distokranielle Verlagerung des Kondylus

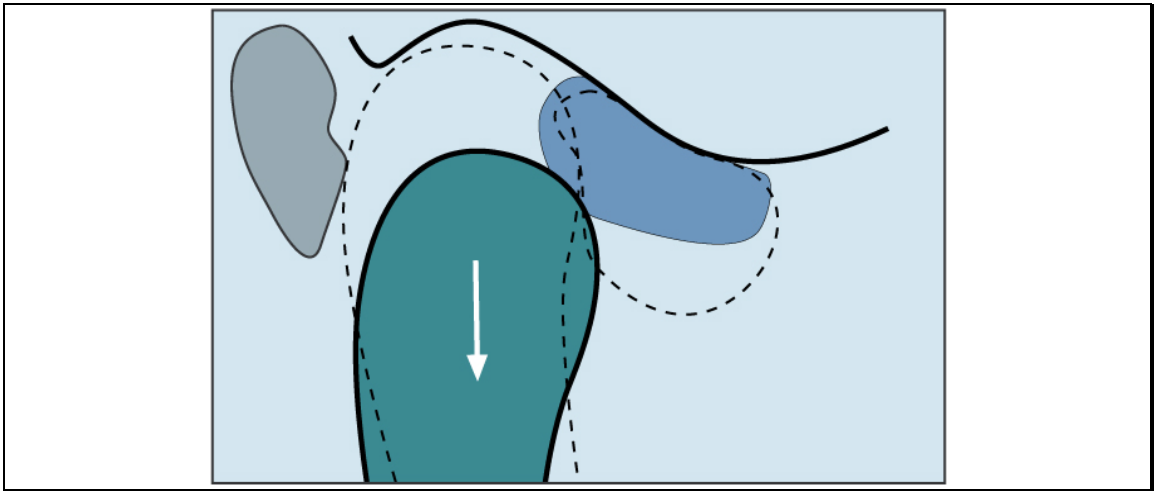


Abbildung18b: Symptom Haken: -Kaudalbewegung des Kondylus

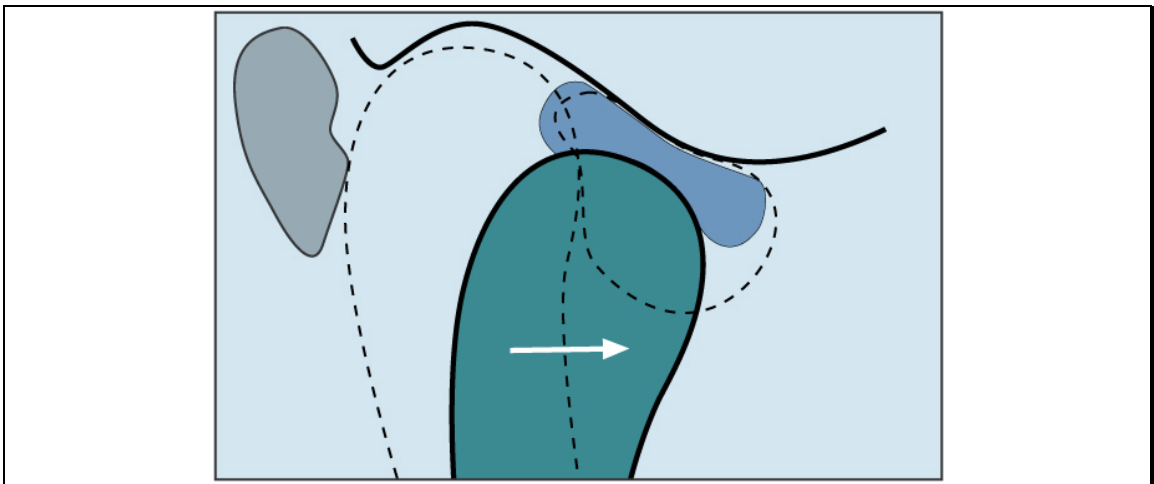


Abbildung18c: Symptom Haken: -Ventralbewegung des Kondylus

Eine Blockade entsteht, wenn der Kondylus sich nicht nach kaudal verlagert und somit nicht auf den Diskus springt. In dem Fall ist es nicht möglich, eine komplette Mundöffnungsbewegung auszuführen.

Die Unterteilung der Knackgeräusche kann als historisch angesehen werden. Bei dieser Differenzierung wurde der Diskus des Kiefergelenks in das Zentrum der Betrachtung gestellt. Als häufigste Ursache des Knackens (70-78%) wurde eine Verlagerung des Diskus gesehen (Bumann und Groot Landeweer 1993). Jedoch wurde gleichzeitig bei 22 bis 25% aller Patienten mit Knackgeräuschen im Magnetresonanztomogramm eine normale Diskusposition gefunden (Da-

vant et al. 1993). Deshalb orientiert man sich heute an der Position des Kondylus und nicht am Diskus des Kiefergelenkes.

Die manuelle Funktionsanalyse wurde Mitte der achtziger Jahre entwickelt (Groot Landeweer 2003). Die Arbeitsgruppe um Bumann et al. (achziger Jahre, Groot Landeweer 2003) führte eine metrische Analyse von Kiefergelenken durch, mit denen es möglich ist, kraniomandibuläre Dysfunktionen zu diagnostizieren. Die Position des Kondylus und die Vermessungen des Gelenkes basieren auf MRT-Befunden. Da sie zeit- und kostenintensiv ist, ist diese Art der Diagnostik für die Praxis ungeeignet. Es wurde eine Alternative gesucht. Bumann et al. (achziger Jahre, Groot Landeweer 2003) entwickelten eine Untersuchungssequenz, mit der es klinisch möglich ist, kraniomandibuläre Dysfunktionen zu erkennen. Diese Untersuchungssequenz wird heute manuelle Funktionsanalyse genannt. Die Analyse wurde von Groot Landeweer bis heute (2003) weiter entwickelt. Im Folgenden werden die aktuellen Verfahren der manuellen Funktionsanalyse dargestellt.

Die manuelle Funktionsanalyse setzt sich aus drei Teilen zusammen:

1. **Anamnese:** Die Anamnese ist die Grundlage für Diagnostik und Therapie von Funktionsstörungen (Ott 1996). Sie soll den Behandler und den Patienten vor Misserfolg bewahren, indem sie zusätzlichen Behandlungsbedarf erfasst (Nilges 1996). In der Anamnese wird die Vulnerabilität getestet. Unter Vulnerabilität wird eine psychische Labilität des Patienten verstanden. Häufig äußert sich psychische Unausgeglichenheit in Form von Verspannungen und Schmerzen im Kiefergelenk.
2. **Manuelle Analyse:** Die Analyse zielt auf die Erfassung von Hyperfunktion, Hypofunktion und Dyskoordination der Muskeln ab. Des weiteren wird geprüft, ob die Vertikaldimension in der Okklusion erhalten oder abgesunken ist. Die Hyperfunktion der Kaumuskeln äußert sich durch Hyperaktivität und Hypertonie der Muskeln. Das Vorhandensein von keilförmigen Defekten, Zungen- und Wangeneinbissen sowie Attritionsdefekten weist auf eine Hyperaktivität hin. Die Hyperaktivität wird durch die Inspektion der Mundhöhle, Hypertonie hingegen durch Palpation der Muskulatur und das Auffinden von Triggerpunkten diagnostiziert. Triggerpunkte sind definiert

als schmerzhaft palpable Muskelareale, die zu einem übertragenen Schmerz außerhalb der anatomischen Grenzen des betreffenden Muskels führen (Travell und Simons 1983, Simons und Mense 1998). Das Problem der Muskelpalpation ist die Reproduzierbarkeit. Verschiedene Untersucher kommen zu keiner ausreichenden Übereinstimmung (Dworkin et al. 1990, Cott et al. 1992, de Wijer et al. 1995, Borg-Stein und Stein 1996). Als probate Alternative werden seit vielen Jahren isometrische Anspannungen zur systematischen funktionellen Überprüfung der Kauorgane empfohlen (Okeson 1998, Groot Landeweer und Bumann 1991, Gray et al. 1994). Die isometrische Anspannung hat gegenüber der Palpation drei entscheidende Vorteile:

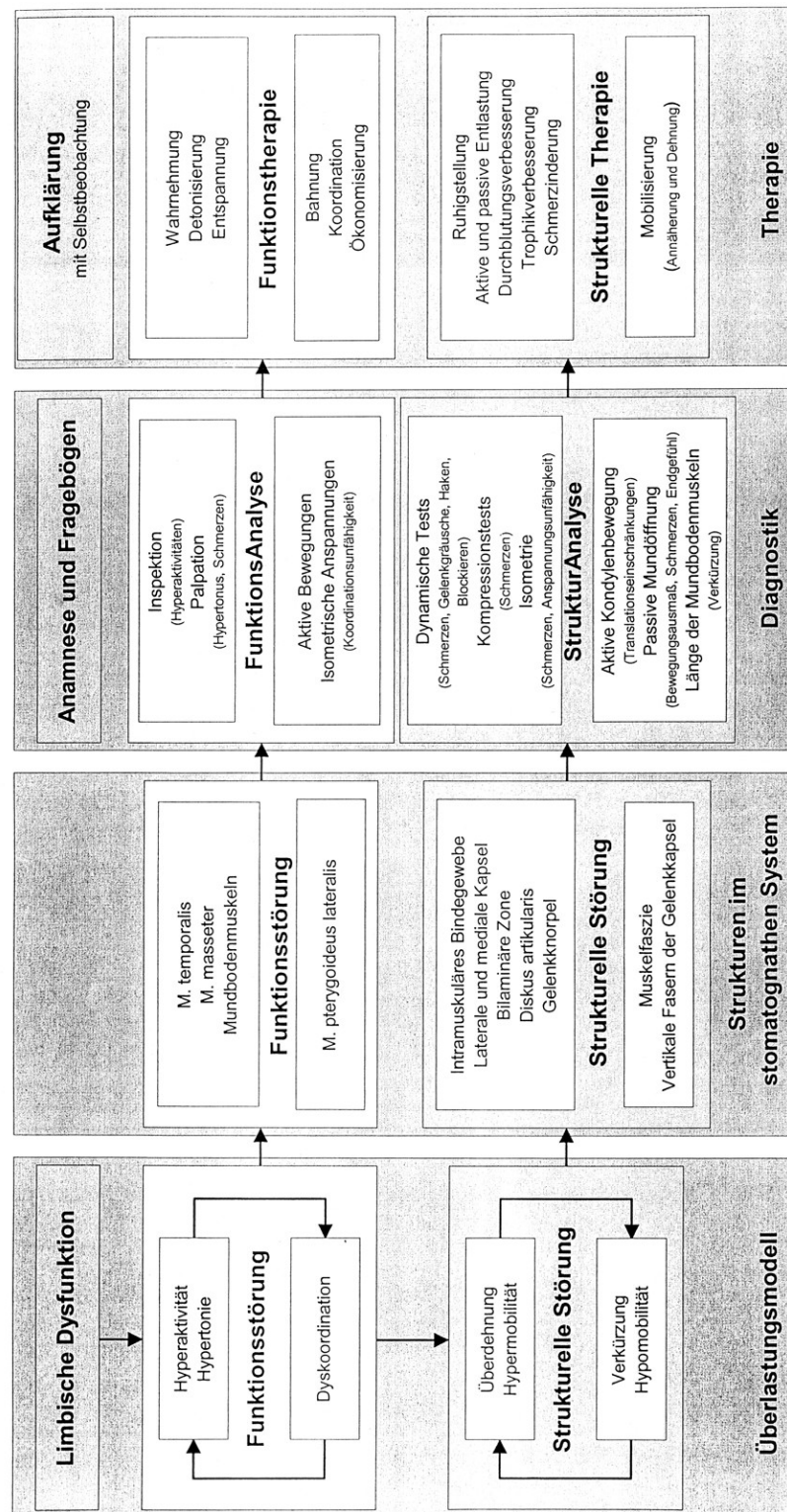
- Die Reproduzierbarkeit/Intra-Untersucher-Übereinstimmung (Malebra et al. 1993, Leggin et al. 1996)
- Die Objektivierbarkeit/ Inter-Untersucher-Übereinstimmung (Thomas und Okeson 1987, Lagerstrom und Nordgren 1998)
- Die Möglichkeit der Überprüfung nicht palpabler Muskeln (Okeson 1998, Groot Landeweer und Bumann 1991).

Die Hypofunktion wird geprüft, indem der Patient versucht, eine Unterkieferposition trotz des Vorhandenseins einer Gegenkraft zu halten. Die Koordination ist ausreichend, wenn der Patient in der Lage ist, die Grenzpositionen gemäß des Posselt'schen Diagramms einzunehmen. Das Posselt'sche Diagramm beschreibt die sagittalen Grenzbewegungen der Inzisalkante der Unterkieferschneidezähne.

3. **Strukturanalyse:** Im dritten Teil wird die Struktur des Kiefergelenkes, insbesondere die bilaminäre Zone und die Gelenkflächen geprüft. Durch Abscherungstest (auch dynamischer oder Kompressionstest genannt) und Verkürzungstest wird geprüft, ob sich Symptome einer kranio-mandibulären Dysfunktion wie Schmerzen, Reiben, Knacken, Haken und Blockieren auslösen lassen. Durch die Dehnung, Abscherung und Kompression der bilaminären Zone und der Gelenkflächen lassen sich bereits latent vorhandene Schädigungen diagnostizieren, die im Alltag nicht auffallen. Im Folgenden wird der Anamnesebogen nach Groot Landeweer und Reusch (2003) darge-

stellt und in Tabelle 5 erläutert. Ein Schema stellt die komplexen Zusammenhänge einer kranio-mandibulären Dysfunktion dar.

Abbildung 19: Diagramm zur Erklärung der manuellen Funktionsanalyse nach Groot Landweer (2003) (mit freundlicher Genehmigung des Autors)



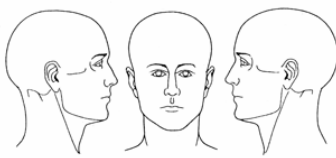
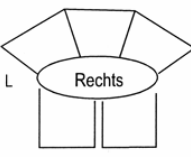
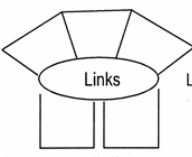
Manuelle Funktions- und StrukturAnalyse																																																																			
G. Groot Landeweer und D. Reusch																																																																			
Datum: <input type="checkbox"/> 1-U <input type="checkbox"/> Folge-U <input type="checkbox"/> Abschluss-U																																																																			
<input type="checkbox"/> Schmerzen <input type="checkbox"/> Knacken - Reiben <input type="checkbox"/> Einschränkungen <input type="checkbox"/> Haken <input type="checkbox"/> Blockieren <input type="checkbox"/> ...																																																																			
Schmerzen: M=Momentan 0 = Keine Schmerzen X=Maximal 100 = Unentsetzlich D=Durchschnitt		0 20 40 60 80 100																																																																	
Beeinträchtigung: A=Alltag 0 = Keine Beeinträchtigung F=Familie 100 = Maximal W=Arbeit		0 20 40 60 80 100																																																																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <b>Befindlichkeiten</b>   </div> <div style="width: 50%;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <b>1. Hyperaktivität</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Orofazial</th> <th>Mimische Muskeln</th> <th>Kaumuskeln</th> <th>Nackmuskeln</th> </tr> <tr> <td>Extraoral</td> <td>Fingernägel</td> <td>Nagelbett</td> <td>Kaugummi</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Gegenstände</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>Intraoral</td> <td>Attritionen Front</td> <td>Attritionen Seite</td> <td>Kelförmige Def.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rezessionen</td> <td>Wangenbeißen</td> <td>Lippenbeißen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Zungenbeißen</td> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>2. Hypertonie</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th colspan="2">Hypertonie</th> <th colspan="2">Schmerz</th> </tr> <tr> <th></th> <th>R</th> <th>L</th> <th>R</th> <th>L</th> </tr> <tr><td>Temporalis post.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Temporalis med.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Temporalis ant.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masseter sup.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Masseter prof.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mundboden</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> </div> </div> </div>				Orofazial	Mimische Muskeln	Kaumuskeln	Nackmuskeln	Extraoral	Fingernägel	Nagelbett	Kaugummi		Gegenstände	...	...	Intraoral	Attritionen Front	Attritionen Seite	Kelförmige Def.		Rezessionen	Wangenbeißen	Lippenbeißen		Zungenbeißen	...	...		Hypertonie		Schmerz			R	L	R	L	Temporalis post.					Temporalis med.					Temporalis ant.					Masseter sup.					Masseter prof.					Mundboden				
Orofazial	Mimische Muskeln	Kaumuskeln	Nackmuskeln																																																																
Extraoral	Fingernägel	Nagelbett	Kaugummi																																																																
	Gegenstände	...	...																																																																
Intraoral	Attritionen Front	Attritionen Seite	Kelförmige Def.																																																																
	Rezessionen	Wangenbeißen	Lippenbeißen																																																																
	Zungenbeißen	...	...																																																																
	Hypertonie		Schmerz																																																																
	R	L	R	L																																																															
Temporalis post.																																																																			
Temporalis med.																																																																			
Temporalis ant.																																																																			
Masseter sup.																																																																			
Masseter prof.																																																																			
Mundboden																																																																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>3. Dyskoordination</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th colspan="2">Aktiv</th> <th colspan="2">Schmerz</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Dyskoord.</th> <th>Ausmaß</th> <th>R</th> <th>L</th> </tr> <tr><td>Protrusion</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Kieferöffnung</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UK nach links</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>UK nach rechts</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Retrusion</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> </div>			Aktiv		Schmerz			Dyskoord.	Ausmaß	R	L	Protrusion					Kieferöffnung					UK nach links					UK nach rechts					Retrusion					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>6. Einschränkung</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">Kieferöffnung</th> <th colspan="2">Schmerz</th> <th>Endgefühl</th> </tr> <tr> <th>Kond. Transl.</th> <th>Passiv</th> <th>Ausmaß</th> <th>R</th> <th>L</th> <th><input type="checkbox"/> Hart <input type="checkbox"/> Weich</th> </tr> <tr> <td>R</td> <td>L</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;"> <b>Kieferschluss</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Verkürzung</th> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table> </div>		Kieferöffnung			Schmerz		Endgefühl	Kond. Transl.	Passiv	Ausmaß	R	L	<input type="checkbox"/> Hart <input type="checkbox"/> Weich	R	L					Verkürzung										
	Aktiv		Schmerz																																																																
	Dyskoord.	Ausmaß	R	L																																																															
Protrusion																																																																			
Kieferöffnung																																																																			
UK nach links																																																																			
UK nach rechts																																																																			
Retrusion																																																																			
Kieferöffnung			Schmerz		Endgefühl																																																														
Kond. Transl.	Passiv	Ausmaß	R	L	<input type="checkbox"/> Hart <input type="checkbox"/> Weich																																																														
R	L																																																																		
Verkürzung																																																																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>4. Gelenkige Überdehnung</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>S = Schmerzen SR = Schmerzhaftes Reiben</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>H = Haken B = Blockieren K = Knacken R = Reiben</p> </div> </div> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>5. Muskuläre Überdehnung - Befunde bei Isometrie</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th colspan="2">KFO</th> <th colspan="2">Schmerz</th> <th colspan="2">Neurologie</th> </tr> <tr> <th></th> <th>R</th> <th>L</th> <th>R</th> <th>L</th> <th>R</th> <th>L</th> </tr> <tr><td>Kieferschließer</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Kieferöffner</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pterygoideus lat. li.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pterygoideus lat. re.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Zungenmuskeln</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Lippen- und Wangenmus.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> </div>			KFO		Schmerz		Neurologie			R	L	R	L	R	L	Kieferschließer							Kieferöffner							Pterygoideus lat. li.							Pterygoideus lat. re.							Zungenmuskeln							Lippen- und Wangenmus.														
	KFO		Schmerz		Neurologie																																																														
	R	L	R	L	R	L																																																													
Kieferschließer																																																																			
Kieferöffner																																																																			
Pterygoideus lat. li.																																																																			
Pterygoideus lat. re.																																																																			
Zungenmuskeln																																																																			
Lippen- und Wangenmus.																																																																			
<b>Strukturdiagnose</b> Osteoarthritis ADP mit Reposition ADP gel. ohne Reposition ADP ohne Reposition Verkürzung Kieferschließer Kapselschrumpfung Ankylose Hyperplasie Proc. styloid. Ossifikation Lig. stylomand. Innervationsstörung Verkürzung Mundboden Kapsulitis Arthritis Osteoarthritis Myofaszieller Schmerz ...		<b>FunktionsStörung</b> <input type="checkbox"/> Hyperaktivität <input type="checkbox"/> Hypertonie (Entspannungsfähigkeit) <input type="checkbox"/> Dyskoordination (Koordinationsfähigkeit) <b>StrukturStörung</b> <input type="checkbox"/> Überdehnung ohne Adaptation (Entlastung) <input type="checkbox"/> Einschränkung - Verkürzung (Mobilisierung)																																																																	
<b>FunktionsTherapeutisches Gerät</b> Gummibärchen-Ess-Therapie Wahrnehmung - Atmung Detonisierung - Massagen Entspannung - Progressive Muskelrelaxation Bahnung - Dynamisierung Koordinierung - Aktive Bewegungen Ökonomisierung - Zirkuläre Bewegungen Funktions- / StrukturTherapeutisches Gerät Medikation Spatelübungen Durchblutung und Trophik Schmerzlinderung Aktive Entlastung - Aktive Bewegungen Aktive Mobilisation		<b>Funktions- / StrukturTher. Gerät</b> Detonisierung Positionierung Vertikalisierung Oberkiefer Unterkiefer Einbisse Plan Programmierte Frontführung Retrusive Führung <b>Überweisung - Verordnung</b> Psychosomatik Orthopädie HNO Neurologie Radiologie Physiotherapie - Logopädie																																																																	

Abbildung 20 Befundbogen der manuellen Funktions- und Strukturanalyse nach Groot Landeweer und Reusch (2003) (mit freundlicher Genehmigung des Autors)



Tabelle 5: Erklärung zum Anamnese-Bogen nach Groot Landeweer und Reusch (2003)

Anamnese	Therapieziel	Name der Tests/ Untersuchungen	Entspricht im Anamnesebogen:
Prüfung der Vulnerabilität	Herstellung der psychische Stabilität		
<b>Funktionsanalyse</b>			
Hyperfunktion	Entspannung der Muskeln	Überprüfung der Hypertonie, Hyperaktivität	Punkt 1 u. Punkt 2
Hypofunktion	Verbesserung der Koordination	Es wird die Diskoordination geprüft	Punkt 3
<b>Strukturanalyse</b>			
Überdehnungstests	Entlastung der überbelasteten Struktur	Lateraler Versatz wird geprüft  Das laterale Kompartiment wird komprimiert	Punkt 4  Punkt 5
Verkürzungstest	Mobilisierung der verkürzten Muskel	Mundöffnungstest gemäß Possel-Diagramm	Punkt 6

Der Einsatz der manuellen Funktionsanalyse ist in der täglichen Praxis sinnvoll. Alle Techniken sind leicht erlernbar. Bei logischem Aufbau der Untersuchungssequenz ist die Untersuchung wenig zeitaufwendig und bietet ein hohes Maß an diagnostischer Sicherheit. Andere Diagnoseverfahren sind häufig kostenintensiv und fehlerhaft, was zur Folge haben kann, dass die anschließende Therapie nicht den entscheidenden Erfolg zeigt.

### 1.5.1.3 Instrumentelle Funktionsanalyse (Axiographie)

Nach der gemeinsamen Stellungnahme der DGZMK und der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) der DGZMK (Ahlers et al. 2003), gilt die instrumentelle Funktionsanalyse neben den bildgebenden Verfahren als das zweitwichtigste Verfahren in der Diagnostik von kranio-mandibulären Dysfunktionen.

---

Stellungnahme der DGZMK und der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) in der DGZMK (Ahlers et al. 2003):

*Die instrumentelle Funktionsanalyse dient zur Analyse und Simulation der statischen und dynamischen Okklusion, es können Modelle in einem individuell eingestellten justierbaren Artikulator patientenanalogue positioniert und bewegt werden. Bei der instrumentellen Funktionsanalyse wird eine Scharnierachsenpositionierung, Gesichtsbogenübertragung, Kieferrelationsbestimmung, Artikulatormontage und eine Gelenkbahnregistrierung durchgeführt. Mandibuläre Positions- und Bewegungsanalysen am Patienten ermöglichen Rückschlüsse auf den Funktionszustand von Kiefergelenken und Muskulatur. Mit Maßnahmen der instrumentellen Funktionsanalyse zu diagnostischen Zwecken können Störungen im Bereich der Okklusion oder der Kiefergelenke (CMD) verifiziert werden, therapeutische Rückschlüsse gezogen und deren Erfolg überprüft werden. Sie setzen eine klinische Funktionsanalyse voraus, aus der sich hinreichende Hinweise auf eine Störung im harmonischen Zusammenwirken der Zahnreihen zueinander und im Wechselspiel mit der Muskulatur und den Kiefergelenken ergeben. Zu therapeutischen Zwecken (zum Beispiel zur Verbesserung des Ergebnisses der rekonstruktiven Therapie bei Gebissanierungen) können instrumentelle Verfahren dagegen bei dokumentierter Abwesenheit von Anzeichen einer Funktionsstörung (zum Beispiel CMD-Kurzbefund) auch ohne vorherige klinische Funktionsanalyse durchgeführt werden.*

Der Indikationsbereich instrumenteller funktionsanalytischer Maßnahmen erstreckt sich auf:

1. Funktionelle Untersuchung und Vorbehandlung des kranio-mandibulären Systems bei:

- *Zahn-, Kiefergelenk- und Muskelerkrankungen (zusammenfassende Diagnose: kranio-mandibulärer Dysfunktionen (CMD))*
  - *Kiefergelenk- und Muskelerkrankungen, die mit starken, von der Norm abweichenden Gelenkbewegungen verbunden sind*
  - *Kiefergelenk- und Muskelerkrankungen bei Vorliegen von Dysgnathien.*
2. *Umfangreiche restaurative und prothetische Versorgungen zur Rekonstruktion und Erhaltung des Gebisses. Bei Eingliederung von Inlays, Onlays, Kronen sowie fest-sitzenden oder abnehmbaren Prothesen können die instrumentellen Verfahren zur Vermeidung wie auch Therapie von Funktionsstörungen angewandt werden, da die Restaurationen in statischer und dynamischer Okklusion funktionsbezogen hergestellt werden können.*
  3. *Funktionelle Vorbehandlung des kranio-mandibulären Systems bei Diagnostik und Operationsplanung im Rahmen kieferorthopädischer und/oder kieferchirurgischer Behandlung.*
  4. *Parodontopathien, wenn Hinweise auf Fehlbelastungen der Zähne bestehen.*

*Zur Dokumentation der instrumentellen Funktionsanalyse sollten im Artikulator montierte Ober- und Unterkiefermodelle sowie gegebenenfalls analoge oder digitale Bewegungsaufzeichnungen und eine Befundung /Auswertung der Befunde vorliegen.*

---

Die Genauigkeit der digitalen Axiographie ist größer als bei der mechanischen Axiographie. Die Reibung des Registrierstiftes auf der Registrierflagge bei der mechanischen Axiographie führt dazu, dass die Kaubewegungen verändert werden. Die elektronischen Axiographen (zum Beispiel Vario-Comp) arbeiten dagegen reibungslos, die Aufzeichnung wird über eine Lichtquelle und nicht über einen Registrierstift realisiert. Die digitalen Weiterentwicklungen haben das Anwendungsfeld der Axiographie vergrößert. Es können spezifische Einflüsse der dynamischen Okklusion, des Bruxismus und einzelner Dysfunktionen dokumentiert werden. Wenn die Registrierung paraokklusal erfolgt, können Unterschiede zwischen der zentrischen und habituellen Okklusion sowie

eine dentale Zwangsführung festgestellt werden. Ein weiterer Vorteil der digitalen Axiographie ist, dass Projektionsfehler, wie sie aus der mechanischen Axiographie bekannt sind (Klett 1982), weitestgehend vermieden werden können. Diese Fehler aus der mechanischen Axiographie können bei der digitalen Axiographie rechnerisch ausgeglichen werden (Gillings 1967, Körber 1971, Burckhardt 1982, Klett 1982, Meyer und dal Ri 1985).

### 1.5.2 Statische Untersuchungsbefunde

Stellungnahme der DGZMK und der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) in der DGZMK (Ahlers et al. 2003):

---

*Die Anwendung bildgebender Verfahren kommt im Rahmen der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik bei folgenden Indikationen in Betracht:*

1. *kongenitale Defekte und postnatale Wachstumsstörungen*
2. *schwere mandibuläre Asymmetrien*
3. *Verdacht auf Mitbeteiligung des Kiefergelenkes bei systemischen Erkrankungen (zum Beispiel chronische Polyarthrit, psoriatische Polyarthrit)*
4. *Verdacht auf traumatisch bedingte Veränderungen*
5. *Verdacht auf Vorliegen eines Tumors im Kiefergelenk*
6. *Schwellungen der Kiefergelenkregion*
7. *Schmerzen und Palpationsempfindlichkeit des Kiefergelenks*
8. *eingeschränkte Unterkiefermobilität*
9. *anamnestische unklare Okklusionsstörungen (zum Beispiel unilaterale Nonokklusion).*

*Für die Funktionsdiagnostik aus heutiger Sicht weisen die folgenden bildgebenden Verfahren eine hohe klinische Relevanz auf: Panoramaschichtaufnahme, Magnetresonanztomographie und Computertomographie.*

---

#### **1.5.2.1 Konventionelle röntgenologische bildgebende Verfahren**

Die Indikation für die bildgebenden Verfahren liegt in der Praxis in der Erfassung primärer Gelenkerkrankungen, der Visualisierung und Dokumentation von Adaptationen.

Häufig wird festgestellt, dass Patienten mit röntgenologischen Veränderungen keine klinischen Symptome aufweisen (Meyersjö und Hollender 1984); so ist es diagnostisch und therapeutisch von untergeordneter Bedeutung, wie sich die Strukturen mit bildgebenden Verfahren darstellen. Pullinger und Hollender (1985) lehnen eine Positionierung des Kondylus über röntgenologische Techniken ab. Sie sehen die streng anatomische Zuordnung des Kondylus zur Fossa als ungeeignet.

Es scheint erwiesen, dass Tomogramme eine bessere Detaildarstellung der knöchernen, kondylären und temporalen Gelenkanteile ermöglichen (Kolk et al. 2000). Jedoch wird sehr häufig übersehen, dass diese Detailveränderungen keinerlei therapeutische Konsequenzen besitzen müssen.

Es stehen verschiedene Verfahren zur Darstellung der Kiefergelenke zur Verfügung (Christiansen und Thompson 1990, Katzberg und Westersson 1993, Hefez 1995). Dies rührt daher, dass

- es keine Technik gibt, die Weichteilstrukturen und Knochen gleichzeitig gut darstellt;
- die räumliche Anordnung des Kondylus in der Fossa zu einer verzerrten Darstellung führt und so der Strahlengang häufig individualisiert werden muss;
- es durch andere knöcherne Strukturen zu Überlagerungen kommt;

- eine große biologische Variation der Fossa und des Kondylus besteht (Bumann und Lotzmann 2000).

#### 1.5.2.1.1 Panoramaschichtaufnahme

Die Panoramaschichtaufnahme kann als Routineverfahren angesehen werden (Friedland 1998, Whaites und Brown 1998). Sie stellt in Hinblick auf die Indikation bei vielen Patienten die einzig erforderliche Aufnahme dar (Brooks et al. 1997). Es können mit der Panoramaschichtaufnahme fortgeschrittene degenerative Veränderungen am Kondylus und primäre Gelenkerkrankungen dargestellt werden. Frakturen, Syndrome mit Gelenkbeteiligung, Tumore, Zysten, Osteomyelitiden, Hyperplasien, Hypoplasien und Aplasien sind gut erkennbar (Dixon 1995, Wilson 1996, Greenan 1997, Del Balso 1998). Die Aufnahme sollte in habitueller Okklusion erfolgen, um die Überlagerungen von Kondylus- und Fossastrukturen gering zu halten. Befunde aus der Panoramaschichtaufnahme stimmen zu 60-70% mit den Befunden aus einem konventionellen Tomogramm der Gelenke überein (Bezuur et al. 1989, Ludlow et al. 1995). Nachteil der Panoramaschichtaufnahme ist, dass nur die lateralen und zentralen Anteile des Kondylus in ausreichender Genauigkeit dargestellt werden können. So lassen sich nur Aussagen über knöcherne Veränderungen in diesem Bereich tätigen (Hollender 1994). Die Beurteilung der temporalen Gelenkanteile ist eingeschränkt (Rohin et al. 1986). Ein genereller Nachteil aller Röntgenaufnahmen ist das Erscheinungsbild, es spiegelt in vielen Fällen nicht den klinischen Zustand der Gelenkflächen wider (Pullinger et al. 1990), und es ist nicht zwingend mit klinischen Symptomen assoziiert (Pereira et al. 1994). Eine Übereinstimmung mit der tatsächlichen Knorpelkontur besteht nur bei 14% der Gelenke (Pullinger et al. 1993). Zudem werden bei 90% der symptomfreien Patienten auffällige röntgenologische Kiefergelenkbefunde erhoben (Muir und Goss 1990a, 1990b). Somit ist die Panoramaschichtaufnahme nicht geeignet für die genaue Beurteilung der Kondylenpositionen und die Vermessung des Gelenkspalts, ein Magnetresonanz- oder Computertomogramm scheinen in dem Fall geeigneter. Asymmetrien des aufsteigenden Unterkieferastes können nach einigen Autoren

nicht zuverlässig beurteilt werden (Türp et al. 1996a, 1996b, 1998). Hansson (2000) behauptet das Gegenteil. Eine Asymmetrie der Kondylen ist in der Panoramaschichtaufnahme zu erkennen (Hansson 2000). Die Sensivität (0,81) und Spezifität (1,00), mit der knöcherne Veränderungen beurteilt werden können, ist hoch (Larheim et al. 1988).

#### 1.5.2.1.2 Transkraniale exzentrische Schädelaufnahme (Schüller-Aufnahme)

Frühere klinische Arbeiten (Geering 1975, Kundert 1976) bescheinigen der Aufnahme nach Schüller, sie sei geeignet, die Kondylenposition in der Fossa zu bestimmen. Die Sensivität und Spezifität der Schüller-Aufnahme seien ausreichend (Larheim et al. 1988). Nach dem heutigem Stand gilt sie jedoch als ungeeignet (Dixon et al. 1984, Aquilino et al. 1985, Preti und Fava 1988, Kartzberg und Westesson 1993). Die Aufnahme nach Schüller besitzt Aussagekraft zur Bestimmung der Kondylentranslation. Diese ist jedoch auch mit der manuellen Funktionsanalyse eindeutig ermittelbar. Die Schüller-Aufnahme eignet sich zur Dokumentation der Kondylentranslation. Es muss jedoch die Frage gestellt werden, welche therapeutische Konsequenz sich aus dem dokumentierten Befund ergibt. Sie hat nur einen geringen Einfluss auf die Diagnose und das Therapiekonzept von Kiefergelenkserkrankungen (Nilner und Petersson 1995, Callender und Brooks 1996). Es können nur die lateralen (Weinberg 1973) und die zentrolateralen Gelenkanteile (Lauffs und Ewers 1988) dargestellt werden. Veränderungen im medialen Anteil sind nicht beurteilbar (Carlsson et al. 1968). Selbst im schräglateralen Röntgenbild sind kleine Knochendefekte (<5mm) im lateralen Anteil nicht immer sichtbar (Setz und Fleig 1973).

#### 1.5.2.2 Konventionelle Tomographie

Befunde des Kiefergelenkes aus konventionellen Tomogrammen stimmen mit jenen einer Panoramaschichtaufnahme zu 60-70% überein (Bezuur et al. 1989, Ludlow et al. 1995). Der Unterschied lässt sich erklären, da Tomogramme gegenüber konventionellen Panoramaschichtaufnahmen hinsichtlich der Diagnos-

tik degenerativer Gelenkflächenveränderungen eine höhere Spezifität zeigen (Ong und Franklin 1996). Zur diagnostischen Früherkennung von erosiven Frühstadien ist die tomographische Untersuchungsmethode nicht geeignet. Mikroskopisch sind die temporalen Gelenkanteile doppelt so häufig von Erosionen betroffen wie die kondylären (Flygare et al. 1997). Da die Erosionen jedoch in der Regel am Kondylus ausgeprägter sind, werden sie röntgenologisch dort häufig diagnostiziert. Im nordamerikanischen Raum besitzen die konventionellen Tomogramme eine größere diagnostische Bedeutung. Sie werden zur Dokumentation von pathologischen Kiefergelenksbefunden eingesetzt (Pullinger et al. 1995, White und Pullinger 1995). In Europa hingegen wird der Einsatz kritischer gesehen, weil die Untersuchung mit einer hohen Strahlenbelastung verbunden ist und eine therapeutische Konsequenz zweifelhaft scheint (Brooks und Lanzetta 1985). Es lassen sich zwar knöcherne Strukturen vermessen, doch haben die Kondylenposition und andere Röntgenbefunde keinen Einfluss auf die Therapie. So lassen sich aus Tomogrammen keine Rückschlüsse von der Lage des Kondylus auf die Position des Diskus ziehen (Katzberg et al. 1983a, 1983b, Ronquillo et al. 1988).

Eine Weiterentwicklung der konventionellen Tomographie stellt die Complex Motions Computer Assisted Tomography (CommCAT) dar. Wie bei der konventionellen Tomographie werden Schichtdicke und Bildschärfe durch die Form und Amplitude der Tomographiebewegung definiert. Ausgehend von dieser Grundüberlegung nutzt CommCAT sehr komplexe Tomographiebewegungen, die die Darstellung bis zu 1 mm dünner Schichten erlaubt. Durch die computergestützte Schichtauswahl und -lokalisation wird eine Reduktion der Strahlendosis erreicht. So wird auch diese Form der Tomographie für die Kiefergelenksdiagnostik interessant (Hirsch 2000). Es liegen keine Studien zur praxisgerechten Eignung vor.

#### *1.5.2.3 Okzipitofrontale Schädelaufnahme nach Clementschisch*

Der exzentrische Strahlengang und der geöffnete Mund des Patienten schaffen eine beinahe überlagerungsfreie Schädelaufnahme. In dieser okzipitofrontalen Röntgenaufnahme werden die Kiefergelenke fast überlagerungsfrei dargestellt



(Rother und Biedermann 1978, Pasler 1991). Intrakapsuläre Frakturen und das Ausmaß der Luxation und Dislokation des proximalen Fragmentes bei Kollumfrakturen sind daher in einer zweiten Ebene erkennbar. Die Computertomographie mit der Möglichkeit der dreidimensionalen Rekonstruktion löst die okzipitofrontale Schädelaufnahme zunehmend ab (Kahl et al. 1995). Nur bei Patienten mit Verdacht auf Kollumfrakturen und Blutungen aus dem äußeren Gehörgang sollte jedoch direkt eine Computertomographie erfolgen. In diesen Fällen ist auch häufig eine Fraktur des Os temporale zu beobachten (Avrahami und Katz 1998). Zur Kondylenpositionsbestimmung ist die Aufnahme nach Clementschisch ungeeignet, da die Aufnahme mit geöffnetem Mund erfolgt.

#### *1.5.2.4 Seitliches Fernröntgenbild*

Das seitliche Fernröntgenbild eignet sich nicht primär zur Kiefergelenksdiagnostik, aber es erlaubt Aussagen über die kraniovertebrale, faziale und hyoideale Konstellation (Solow und Siersbaek-Nielsen 1992, Kluemper et al. 1995, Huggare und Houghton 1996). Es kann mit Hilfe des seitlichen Fernröntgenbildes bei einer Distraktionsosteogenese der Distraktionsvektor festgelegt werden (Stucki-McCormick 1998). Des Weiteren kann ein posteriorer Belastungsvektor nachgewiesen werden. Im Zusammenhang mit einer anterioren Diskusverlagerung lässt sich mit Hilfe des seitlichen Fernröntgenbildes eine reduzierte posteriore Gesichtshöhe nachweisen (Brand et al. 1995, Dibbets und van der Weele 1996, Nebbe et al. 1997, Bumann et al. 1999) .

#### *1.5.2.5 Computertomographie (CT)*

Die Computertomographie (CT) dient in erster Linie der erweiterten Diagnostik von Frakturen, fortgeschrittenen Arthritiden, Ankylosen und Tumoren (Brooks et al. 1997). Sie stellt keine routinemäßig angewandte Untersuchungstechnik der Kiefergelenke dar (Suarez et al. 1980). Knöcherne Anteile können sehr gut dargestellt werden (Manzione et al. 1984). Weichgewebe hingegen können besser mit der Magnetresonanztomographie analysiert werden (Helms und Kaplan 1990, Larheim 1995). Es ist möglich, axiale Schichtaufnahmen in sagittale

Schichtungen umzurechnen (Manziona et al. 1984, Thompson und Christiansen 1984). Dieses ermöglicht dem Behandler, ein dreidimensionales Bild zu konstruieren, welches die Operationsplanung bei Ankylosen, Tumoren und Hyperplasien erleichtert (Hönig et al. 1994). Neuere Geräte können direkt sagittale Messungen durchführen. Die Einführung des Spiral-CT ermöglicht eine Reduktion der Strahlenbelastung und eine kürzere Untersuchungsdauer für den Patienten (Tello et al. 1994).

Da sich das CT bevorzugt zur Darstellung der knöchernen Morphologie eignet, lässt es sich auch zur Überprüfung therapeutischer Maßnahmen gut verwenden (Fernandez Sanroman et al. 1998, Kawamata et al. 1998). An kleinen kurvaturreichen Strukturen wie dem Kondylus oder der Fossa kann es zu einer Überschätzung der Knochendicke von bis zu 200% kommen (Ahlqvist und Isberg 1998). Die Sensitivität der Diskusdiagnostik beträgt zwar 0,86, die Spezifität aber nur 0,50, denn häufig wird der Diskus mit der Sehne des M. pterygoideus lateralis verwechselt. Zur Diskusdiagnostik ist demnach die Computertomographie nicht die Methode der Wahl (de Bont et al. 1993, van der Kuijl et al. 1994). Wohl aber lassen sich Aussagen über die Hyalinisation, Kalzifikationen und Metaplasien des Diskus machen (Paz et al. 1990). Im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung kommt es zu Umbauprozessen in den Kiefergelenken. Diese sind im CT als Doppelkontur der Kortikalis in der Fossa und am Kondylus zu erkennen (Paulsen et al. 1995).

#### *1.5.2.6 Digitale Volumen-Tomographie (DVT)*

Die digitale Volumen-Tomographie ist eine Cone-Beam-Computertomographie mit kegelförmigem Strahlengang. So kann mit einer einzigen Einstellung der gesamte Kiefer erfasst werden. Das Gerät wurde speziell für den Kieferbereich konstruiert. Die digitale Volumen-Tomographie findet Anwendung in der Traumatologie, Implantologie, Kiefergelenksdiagnostik, Parodontologie, Nebenhöhlendarstellung und in der Fokussuche (Hassfeld et al. 2002.).

Die Hauptvorteile des neuen Verfahrens liegen in

- der Strahlenreduktion (die Belastung liegt zwischen dem eines OPG und eines konventionellen CT);
- den niedrigeren Investitionskosten im Vergleich zu einem CT;
- der digitalen Datenverfügbarkeit;
- der dreidimensionalen Darstellbarkeit. Die einmal erhobenen Rohdaten lassen sich in verschiedenen Projektionen berechnen.

Da die Volumen-Tomographie erst Ende der 90er Jahre des 20. Jh. entwickelt wurde, bleibt abzuwarten, ob sich das Verfahren in der Praxis zur Kiefergelenksdiagnostik eignet. Aufgrund der bisherigen guten Erfolge, der hohen Aufnahmequalität und der einfachen Handhabung ist dieses jedoch zu erwarten.

#### *1.5.2.7 Magnetresonanztomographie (MRT)*

Das MRT bietet die sensitivste und am breitesten einsetzbare rechnerunterstützte bildgebende Untersuchungsmethode des Kiefergelenks. Es kann sowohl zur Funktionsanalyse als auch zur Klärung morphologischer Fragestellungen verwendet werden (Kolk et al. 2000). Seitdem hat sich das MRT zur Methode der Wahl bei allen Formen der Diskusverlagerung im Kiefergelenk entwickelt. Besonders gut können Weichgewebe dargestellt werden, aber auch die Darstellbarkeit von Knochenstrukturen wurde verbessert und unterscheidet sich kaum noch von der Computertomographie (Westesson und Paesani 1993).

Nachteil des Verfahrens sind die hohen Kosten und der große Untersuchungsaufwand. Ein weiterer Nachteil ist der einmalige Untersuchungsgang bei Aufzeichnung der dynamischen Okklusion (Kolk et al. 2000). Das Magnetresonanztomogramm ist bei Patienten mit Knackgeräuschen in 22-25% der Fälle unauffällig und zeigt eine normale Diskusposition (Davant et al. 1993, Müller-Leisse et al. 1997). Auch der umgekehrte Befund ist beschrieben: 15% einer Gruppe klinisch symptomloser Probanden weisen arthrographisch eine Form der Diskusverlagerung auf (Westesson et al. 1989). 32 bis 35% der asymptomatischen Probanden zeigen im MRT eine anteriore Diskusverlagerung (Kircos et al.

1987, Katzberg et al. 1996a, 1996b, Tasaki et al. 1996). Eine Erklärung kann die Ausbildung eines Pseudo-Diskus sein (Blaustein und Scapino 1986). Auch im Vergleich zur manuellen Funktionsanalyse (aktive Bewegungen und Palpation der Geräusche) stimmen nur 43% der klinisch erhobenen Knackbefunde mit dem MRT-Befund überein (Paesani et al. 1992).

#### *1.5.2.8 Hochfrequenzarthrosonographie*

Die Hochfrequenzarthrosonographie mit 13 MHz-Schallkopf mit einer der Axio-graphie vergleichbaren axialen Auflösung von 0,12 mm (Sader et al. 1995a, 1995b) bietet ein rasch durchführbares, reproduzierbares, nichtinvasives und kostengünstiges Untersuchungsverfahren. Ebenso spricht für das Verfahren die beliebig häufige Wiederholbarkeit der dynamischen Okklusionsmessung. Ein Nachteil der Hochfrequenzarthrosonographie ist, dass nur die Projektion lateraler Gelenkanteile möglich ist (Kordaß 1999). Das Untersuchungsergebnis ist – wie in der Sonographie allgemein – stark vom Untersucher abhängig (Sader et al. 1995a, 1995b). Bei sonographischer Darstellung der dynamischen Okklusion kommt es im mittleren Teil zu Überlagerungseffekten, und nur die initialen und terminalen Kondylenpositionen werden scharf visualisiert (Kolk et al. 2000).

Die Hochfrequenzarthrosonographie kann als orientierendes bildgebendes Untersuchungsverfahren empfohlen werden (Kolk et al. 2000).

Im Vergleich zum MRT, welches zur Zeit den Goldstandard in der Kiefergelenksdiagnostik darstellt, verursacht die Hochfrequenz-Arthrosonographie geringere Kosten und ist weniger aufwendig in der Durchführung (Kolk et al. 2000).

### 1.5.3 Eignung bildgebender Verfahren in der Funktionsdiagnostik

Tabelle 6 zeigt im Überblick die Eignung der verschiedenen bildgebender Verfahren in der Funktionsdiagnostik:

Tabelle 6: Mit freundlicher Genehmigung des Autors (Quelle: Bumann, Lotzmann 2000)

	Morphologie		Lagebeziehungen		Adaptation	
	Kondylus zur Fossa	Diskus Billaminäre Zone	Kondylus zur Fossa	Diskus Billaminäre Zone	Kondylus zur Fossa	Diskus Billaminäre Zone
OPG	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	Red
Schüller-Aufnahme	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	Red
Konventionelle Tomogramme	Green	Red	Green	Red	Green	Red
CT	Green	Red	Green	Red	Green	Red
MRT	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Dynamische MRT	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green

Gut geeignet:	Green
Eingeschränkt geeignet:	Yellow
Ungeeignet:	Red

## **2 Kondylenposition**

### **2.1 Anatomische Kondylenposition**

Wie bereits beschrieben, existiert eine Vielzahl sogenannter korrekter anatomischer Kondylenpositionen. Allein die Definition der zentrischen Kondylenposition, wie sie in der Tabelle 2 (Seite 13) dargestellt wurde, zeigt, wie widersprüchlich die verschiedenen Auffassungen sind. Neben der zentrischen, existieren noch eine Vielzahl anderer beschriebener sogenannter korrekter Positionen. Es resultieren auch heute noch eine Vielzahl aktueller konkurrierender Lehrmeinungen, die sich in einer verwirrenden Nomenklatur sowie in zum Teil widersprüchlichen und vagen Definitionen der korrekten Kondylenposition widerspiegeln. Auch die Registrierungsmethoden für ein und die selbe Kondylenposition unterscheiden sich. Intraindividuell und behandlerabhängig ist es nicht möglich, reproduzierbare Kondylenpositionen zu ermitteln.

Die korrekte Kondylenposition scheint es nicht zu geben. Es soll daher eine Position angestrebt werden, in der sich der Patient wohl fühlt und keine Schmerzen hat. Diese Position kann als physiologische Kondylenposition angesehen werden. Es scheint, dass die physiologische Position nicht zwangsläufig einer anatomischen Position zugeordnet werden kann. Patienten mit einem hypoplastischen Kondylus, einer unversorgten Kollum- oder Kapitulumfraktur, weisen eine anatomisch inkorrekte Position auf. Dennoch sind die Patienten symptomlos. Jedoch gibt es auch Patienten, die scheinbar eine anatomisch korrekte Position aufzeigen und trotzdem unter Kiefergelenksschmerzen leiden.

Eine physiologische Kondylenposition wird am Ende und am Anfang eines Kauaktes erreicht. Dieser Schlussbiss fällt häufig mit der maximalen Interkuspitation zusammen. Die räumliche Ausrichtung des Kondylus nach der Okklusion definiert häufig auch die korrekte Ausrichtung des Kondylus, bezie-

hungsweise der Mandibula zur Fossa und zum Schädel. Ein Verlust oder eine Stellungsänderung der Zähne, sei es idiopathischen oder iatrogenen Ursprungs, führt zwangsläufig zu einer Veränderung der intermaxillären Relationen und folglich auch zu einer Veränderung der Kondylen im Funktionsraum Kiefergelenk. So scheint die Okklusion einen entscheidenden Einfluss auf die Positionierung des Kondylus zu haben. Neben den Aufgaben der Stabilisierung der Mandibula und der Zerkleinerung von Nahrung hat die Okklusion eine wesentliche Aufgabe als taktilen Warn- und Leitsignal, um die Schließ- und Kaubewegung zu steuern (Motsch 1978).

Das Kiefergelenk nimmt unter vielen Gesichtspunkten eine Sonderstellung unter den menschlichen Gelenken ein. Es ist das einzige Gelenk, das direkt mit seinem Partner korrespondieren muss. Es stellt ein Zusammenspiel der beiden Kondylen dar, die sich in den zwei Fossae bewegen müssen. Schon Gerber bemerkte (1964a, b), dass das Kiefergelenk als einziges Gelenk zu einem Zusammenspiel mit einem „sehr harten Partner (Zahnokklusion)“ gezwungen wird. Hiniker und Ramfjord (1966) warnen: „Passen Sie die Okklusion dem Kiefergelenk an und hoffen Sie nicht darauf, dass sich das Gelenk der Okklusion anpasst.“ Durch das Postulat nach Kobes (1972) und Kubein-Meesenburg (1985) kam es, dass viele Patienten auch ohne Kiefergelenksschmerzen, aber mit einer anatomisch inkorrekten Kondylenposition okklusal saniert wurden, nur um dem Ziel einer physiologischen anatomisch korrekten Kiefergelenksposition möglichst nahe zu kommen. Kubein-Meesenburg betonte, dass sich die Kondylenfehlstellungen – abgesehen von kieferchirurgischen Eingriffen und der kieferorthopädischen Therapie (welche die begrenzten Möglichkeiten des artikulären Wachstums ausnutzt) – ausschließlich über eine Veränderung der Okklusion korrigieren lassen. Kobes vertrat die Meinung, dass das oberste Ziel die Herstellung physiologischer Zustände im Kiefergelenk sein müsse. Um dieses zu erreichen, müsse die Okklusion eingestellt werden. Diese Forderung scheint heute etwas kritischer gesehen zu werden. Die Kiefergelenke seien sehr wohl in der Lage, sich veränderten Okklusionsbedingungen anzupassen, sie scheinen zur Adaptation und zur Kompensation fähig. Dennoch kommt im Rahmen der Diagnostik und Therapie funktionell bedingter Störungen der korrekten dreidimensionalen Zuordnung der Mandibula zur Maxilla eine große Bedeutung zu. Der Behandler steht vor der Entscheidung, ob die durch die Interkuspidi-

onsposition vorgegebene Kondylenposition beibehalten wird oder durch eine neue Zuordnung der Mandibula zum Schädel therapeutisch einzustellen ist. Praktische und theoretische Konzepte mit allgemeiner Gültigkeit scheinen demnach sowohl in der Lehre als auch in der Praxis nicht zu existieren.

Grundsätzlich kann zwischen drei Konzepten unterschieden werden, wie eine physiologische Kondylenposition zu ermitteln ist (Meyer 1993). Einige Konzepte gehen davon aus, dass der Ausschlag gebende Punkt die Bänder sind, die eine physiologische Position determinieren. Andere gehen von biomechanischen Aspekten (z. B. Muskeln) aus. Der dritte Ansatz versucht, die Lösung im neuromuskulären System zu suchen.

1. Bänderkonzept

2. Muskelkonzept

3. Neuromuskuläres Konzept

1. Das Konzept, welches die *Bänder* als Grundlage zur Ermittlung der „korrekten“ Kondylenposition sieht, geht auf McCollum und Stuart (1955) zurück. Sie führten den Begriff der „centric relation“ ein. Sie definierten diese Unterkieferstellung als maximale retrale Lage beider Kondylen in ihrer Fossa. Der Begriff „centric relation“ darf nur dann gebraucht werden, wenn die maximale Interkuspidationsposition mit der physiologischen Kondylenstellung übereinstimmt. Brill et al. (1959) definierten die physiologische Kondylenposition als eine „ligamentous position“. Das Ligamentum laterale verhindert eine weitere Retralbewegung des Kondylus über seine hinterste und höchste Grenzposition hinaus (Boucher 1961, Ramfjord und Ash 1966). Neben der retralen ligamentären Begrenzung kommt nach Zenker (1956) auch dem retroartikulären Polster eine große Bedeutung zu. Zudem hat das retroartikuläre Polster einen „erektile Charakter“. Ein grundsätzliches Problem besteht bei der Reproduzierbarkeit von Kondylenpositionen. Daraus ergibt sich jedoch die Frage, wenn eine solche reproduzierbar ist, ist diese dann auch die physiologische Position? Ramfjord und Ash (1992) behaupten in dem Zusammenhang, die zentrische Kondylenposition sei die einzige Position, die sowohl im bezahnten als auch im unbezahnten Kiefer



reproduziert werden kann. Häufig kommt es in der Praxis vor, dass, um eine vermeintlich reproduzierbare Position zu erhalten, der Patient aktiv in die Retrale geführt wird. Müller wies bereits 1925 auf das Problem hin, dass sich das Capitulum über die gewohnheitsmäßige Ruhelage zu weit in die Tiefe der Gelenkhöhle verlagert. Der Gedanke wurde von Posselt (1962), Gerber (1971), Grauch und Kulmer (1972) sowie Long (1970) weiterverfolgt. Sie beobachteten, dass sich gerade bei Patienten mit Funktionsstörungen eine Dorsalverlagerung durch falsche Registrierung häufiger mit Schmerzen äußert als bei Patienten, die funktionell unauffällig sind. Dawson (1976) trägt dem Gedanken Rechnung und propagiert, dass der Unterkiefer nicht nur gegen dorsokranial abgestützt werden muss, sondern auch gegen ventrokranal. Die knöcherne Struktur stellt in ventrokraniale Richtung die Eminentia articularis dar. Die bimanuelle Grifftechnik nach Dawson ist auch heute noch ein gängiges, schnelles und kostengünstiges Verfahren, um die physiologische Kondylenposition zu ermitteln.

2. Das zweite Konzept sieht die *Muskeln* im Mittelpunkt zur Ermittlung der „korrekten“ Kondylenposition. Parsons und Boucher (1966) verfolgen den biomechanischen Ansatz. Sie waren nicht der Meinung, dass die bilaminäre Zone oder die Ligamente die korrekte Kondylenposition determinieren, sondern hielten das Zusammenspiel der Muskeln für ausschlaggebend. Erst später wurde durch exakte biomechanische Analysen der pro- und retrusiven Kondylenbewegungen erkannt, dass die physiologische Kondylenposition keine dorsokraniale, sondern eine ventrokraniale Position ist (Kubein et al. 1979a, b, Kubein und Jähmig 1983, Kubein-Meesenburg 1985). Untersuchungen zur Krafrichtung der Kondylen auf das Os temporale verdeutlichen, dass bei allen Krafrichtungen, die eine Unterkieferbewegung gegen das Os temporale in ventrokrantaler Richtung bewirken, ein Positionsbe- reich am Os temporale zu erkennen ist, in welchem der Kondylus eine ein- zige, eindeutige maximale Fixierung erhält. Im Idealfall ist der Kondylus diesem Übergangsbereich zugeordnet. Er ist nicht im Zenit der Fossa positi- oniert. Diese „korrekte“ Kondylenposition ist nach Kubein et al. (1979a, b), Stachniss (1984) und Kubein-Meesenburg (1985) auch axiographisch ermit- telbar. Der Wendepunkt, an dem die konkave Retrusionsspur des Axi- ogramms in die konvexe Protrusionsspur übergeht, entspricht der physiolo-

gischen Achsen- und Kondylenposition. Auch bei dieser Theorie wird angenommen, dass die physiologische „korrekte“ Kondylenposition bei einem kranio-mandibulären gesunden System mit der maximalen Interkuspitationsposition zusammenfällt. Freesmeyer und Stehle (1988) führten später ähnliche biomechanische Analysen durch. Sie kamen zu folgendem Schluss: Patienten, die mit maximaler Interkuspitation in der retralen Kontaktposition eingestellt sind, haben eine veränderte Kiefergelenksbewegung. Es kommt zu keinem fließenden Übergang zwischen Rotations- und Translationsbewegung. Von Freesmeyer und Stehle wird die Meinung vertreten, dass es durchaus physiologisch ist und einer „korrekten“ Kondylenposition entspricht, wenn eine Diskrepanz zwischen retraler Kontaktposition und einer mehr anterior gelegenen maximalen Interkuspitationsposition besteht. Die Autoren empfehlen, sich bei zahnärztlichen Rekonstruktionen an der maximalen Interkuspitation zu orientieren. Gernet (1982) bezeichnet die maximal retrudierte Kontaktposition als unphysiologisch. Als korrekte Position zur Rekonstruktion des Bisses empfiehlt er eine 0,4 bis 0,9 mm weiter anterior gelagerte Kondylenposition.

3. Die dritte Möglichkeit, eine „korrekte“ Kondylenposition zu ermitteln, bedient sich *neuromuskulärer Grundlagen*. Es ist das Ziel, die okklusale Propriozeption zu normalisieren und so den Muskeltonus zu beeinflussen. Durch dieses Verfahren kommt es schließlich zu einer Autoreposition der Kondylen (Shore 1959). Das Konzept hat den entscheidenden Vorteil gegenüber den beiden anderen Verfahren, ohne Manipulation und Einflussnahme des Behandlers die „korrekte“ Position zu ermitteln. Jegliche äußere Einflussnahme kann das Ergebnis verändern. Es gibt zwei Ansätze die neuronale Kette zu durchbrechen und eine Autoreposition des Unterkiefers zu erreichen. Schöttl (1991) versucht mit Hilfe transkutaner Nervenstimulationen des motorischen Astes des Nervus mandibularis eine muskuläre Relaxation herbeizuführen. Unter aktiver Adduktion des Unterkiefers sollen die Kondylen dann automatisch in die als „Myozentrik“ bezeichnete „korrekte“ Kondylenposition gezogen werden. Freesmeyer (1993) versucht die gestörte neuronale Kette mit Hilfe von temporär getragenen herausnehmbaren Aufbissschienen zu durchbrechen und so eine neue okklusale Äquilibration

anzustreben. Der Unterkiefer und damit auch die Kondylen pendeln sich so in eine reproduzierbare und stabile Lage ein.

## **2.2 Pathologische Kondylenposition**

Diese Frage kann anatomisch-morphologisch nicht geklärt werden, denn Studien an unterschiedlichen Patientenpopulationen zeigen, dass weder bei symptomlosen Probanden noch bei Patienten mit pathologisch veränderten Kiefergelenken eine definierte, allgemeingültige anatomische Kondylusposition nachweisbar ist (Pullinger et al. 1985, Alexander et al. 1993, Ren et al. 1995, Braun et al. 1997). Heute wird eine eher auf funktionelle Aspekte ausgerichtete Kondylenposition gewählt (van Blarcom 1994, Dawson 1995, Lotzmann 1999). Zahlreiche anatomische Varianten des Kiefergelenkes sind bekannt, ohne dass der Patient infolge der Variationen Schmerzen entwickeln würde. Es gibt Formvarianten des Kondylus oder verschiedene Aufhängungen des Diskus über die bilaminäre Zone (siehe 1.2), die als physiologisch bezeichnet werden müssen. Zahlreiche erworbene Adaptationen des Kiefergelenks werden beobachtet, die die ursprüngliche anatomische Gestalt verändert haben. Auch gibt es Patienten, die an Kiefergelenksschmerzen leiden, ohne dass anatomische Formvarianten feststellbar sind. Es gibt zahlreiche Variationen von Diskusverlagerungen, die vom Patienten teilweise gar nicht bemerkt oder als nicht störend empfunden werden. Es stellt sich daher die Frage, ob solche Variationen als pathologisch bezeichnet werden können.

Pathologisch leitet sich von dem Wort „Pathologie“ ab. Dies bezeichnet seit dem 16. Jh. jenes medizinische Forschungsgebiet, das sich ganz allgemein mit den Krankheiten beschäftigt, mit ihrer Entstehung, ihren Ursachen und ihren Erscheinungsformen. Es handelt sich um ein aus dem Mittellateinischen übernommenenes Wort namens *pathologia*. Das mittellateinische Wort war damals eine Neubildung aus den griechischen Worten Pathos (πάθος = Leid, Leiden, Schmerzen) und Logos (λογειν; Wort, Rede, Kunde und Lehre). Das Adjektiv pathologisch ist seit dem 18. Jh. gebräuchlich und bedeutet krankhaft, leidend, an Schmerzen leidend (Drosdowski et al. 1963). Es ist festzustellen, dass das

Wort pathologisch auch etymologisch nichts mit einer anatomischen Position in Bezug auf das Kiefergelenk zu tun hat.

Dieses muss zur Grundlage gemacht werden, wenn eine Klassifikation dafür gesucht wird, ob eine Kiefergelenksposition als pathologisch angesehen werden kann oder nicht. Daher ist es sinnvoll, ein therapieorientiertes Behandlungskonzept zu haben, das auf einem wissenschaftlichen Modell basiert, welches sich nicht auf ideale anatomische Strukturen stützt. Die Schmerzfreiheit darf nicht als Folge der idealen anatomischen Struktur gesehen werden, sondern die Schmerz- und Leidensfreiheit muss in den Mittelpunkt des Modells gestellt werden. Des Weiteren muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass der Körper in der Lage ist, auf störende Einflüsse zu reagieren. Es muss stets das Risiko einer invasiven Behandlung gesehen werden. Die Verhältnismäßigkeit der Mittel muss gewahrt bleiben und das Aufwands- und Nutzenverhältnis geprüft werden.

Das Kausystem muss als ein komplexes biologisches System gesehen werden. Jedes biologische System unterliegt kontinuierlich zahlreichen Einflüssen, auf die es reagieren muss. Im Falle des Kausystems entsprechen den äußeren Einflüssen die Malokklusion, Parafunktionen, Dysfunktionen der statischen und dynamischen Okklusion beziehungsweise Traumen. Die Summe der Einflüsse setzt sich wiederum aus der Zahl, Dauer, Amplitude und Frequenz der einzelnen Einflüsse zusammen. Es hat sich als sinnvoll herausgestellt, die Reaktion des Kausystems in zwei Reaktionsmechanismen zu unterteilen:

- *Adaptation*: Diese beschreibt die Reaktion des Bindegewebes auf Einflüsse und
- *Kompensation*: Sie beschreibt die muskuläre Reaktion auf verschiedenste Einflüsse (Hinton und Carlson 1997).

Jedes Kausystem unterliegt in mehr oder weniger ausgeprägter Weise den ständigen Einflüssen. Das Kausystem reagiert kontinuierlich mit Adaptation und Kompensation. Das Kausystem befindet sich in einem physiologischen Gleichgewicht, wenn sich die Einflüsse und die Adaptation beziehungsweise Kompensation die Waage halten. Der Körper ist jedoch nicht unbegrenzt in der

Lage zu adaptieren oder zu kompensieren. Das Ausmaß der Reaktionsfähigkeit ist im Wesentlichen genetisch determiniert und nimmt mit dem Alter ab. Diese individuelle Fähigkeit wird als *Adaptationskapazität* und *Kompensationskapazität* bezeichnet. Wenn die Adaptationskapazität des Kiefergelenks groß genug ist, kann sich das System vollständig adaptieren ohne Kiefergelenksprobleme zu entwickeln (Helkimo 1976, Kirveskari und Alanen 1985, Roberts et al. 1987). Das System gerät aus dem Gleichgewicht, wenn die Einflüsse die Reaktionsfähigkeit (Adaptationskapazität, Kompensationskapazität) überschreiten. Zum Einen kann das der Fall sein, wenn plötzlich die Einflüsse (zum Beispiel Bruxismus) zunehmen, zum Anderen wenn die Reaktionsfähigkeit generell herabgesetzt ist. Dieser Zustand wird als *Dekompensation* oder *regressive Adaptation* bezeichnet (Moffet et al. 1964). Die regressive Adaptation am Knochen lässt sich röntgenologisch darstellen (Bates et al. 1993). Im Weichgewebe äußert sich diese durch Schmerzen. Bei Jugendlichen basiert die Adaptationskapazität auf *Wachstum, Modeling* und *Remodeling* (Hinton und Carlson 1997). Modeling wird auch als *progressive Adaptation* bezeichnet, es geht mit der Ausformung des Bindegewebes einher und führt zu einem Nettozuwachs von Masse. Remodeling wird als *regressive Adaptation* bezeichnet und führt zu einem Nettoverlust an Gewebe. Die Adaptation bei Erwachsenen hat vorwiegend einen regressiven Charakter (de Bont et al. 1992). Das Gleichgewicht zwischen den Einflüssen und seiner individuellen Adaptationskapazität ist nur begrenzt beeinflussbar. Die Adaptationskapazität und die Kompensationskapazität sind nicht steuerbar, es lassen sich lediglich die Anzahl, Amplitude, Dauer und die Frequenz der Einflüsse verändern. Das Ziel der Behandlung ist somit nicht die „restitutio ad integrum“, sondern eine gezielte regressive Adaptation. Es liegt eine kompensierte, dekomensierte oder regressive adaptierte Funktionsstörung vor, wenn sich Schmerzen durch spezifische Untersuchungen der manuellen Funktionsanalyse reproduktiv provozieren lassen. Es ist für die Therapie ausschlaggebend, die chronischen unphysiologischen Belastungen (wie sich Schmerzen auslösen) zu kennen, dabei sind der Betrag und die Richtung entscheidend. Solch eine unphysiologische Belastung wird als *Belastungsvektor* bezeichnet. Ein *spezifischer Belastungsvektor* liegt vor, wenn bei der gewebspezifischen Untersuchung (der manuellen Funktionsanalyse) Symptome nur in einer Hauptrichtung auftreten. Sind die Symptome jedoch in unterschiedlichen, teilweise auch gegensätzlichen Richtungen provozierbar, spricht man von einem *unspezifischen*

*Belastungsvektor.* Ein solcher entsteht meistens als Folge ubiquitär im Kiefergelenk auftretender Entzündungserscheinungen. Aus dem oben beschriebenen Modell nach Bumann und Lotzmann (1999) lassen sich drei Patientengruppen mit kranio-mandibulären Dysfunktionen isolieren:

- Patienten, die an kranio-mandibulären Dysfunktionen leiden, jedoch keine Beschwerden haben. Sie sind optimal progressiv adaptiert.
- Patienten, die an kranio-mandibulären Dysfunktionen leiden und im Alltag keine Beschwerden haben. Es lassen sich nur durch spezielle Untersuchungstechniken Schmerzen reproduzierbar provozieren. Die Patienten leiden unter einer kompensierten Funktionsstörungen.
- Patienten, die an kranio-mandibulären Dysfunktionen leiden und im Alltag Schmerzen haben. Durch spezifische Untersuchungstechniken lassen sich die Symptome reproduzierbar provozieren. Die Patienten leiden an einer dekompenzierten oder regressiv adaptierten Funktionsstörung. Diese ist meist die Folge der Überbelastung eines Muskels (Dekomensation) oder eines Traumas, meistens jedoch einer entzündlichen Gewebedestruktion (regressive Adaptation).

Therapeutisch ergeben sich unterschiedliche Konzepte. Bei der ersten Gruppe ist keine Therapie erforderlich. Bei der zweiten Gruppe sollten keine in die Okklusion eingreifenden, verändernden Maßnahmen durchgeführt werden. Es sollte stets auf die Wahrung des labilen Gleichgewichtes geachtet werden. Wenn eine umfassende okklusale Therapie unabdingbar ist, muss eine kausale Funktionsanalyse und anschließende Funktionstherapie vor der definitiven zahnärztlichen Rekonstruktion durchgeführt werden. Bei jeglicher Form der Therapie mandibulärer, pathologischer Positionen wird vorausgesetzt, dass die physiologische Referenzposition der Kondylen eindeutig definiert ist. Die Methoden, mit der die Kiefergelenkspositionierung durchgeführt werden, müssen ebenso bekannt sein. Die dritte Gruppe muss funktionell analysiert und therapiert werden. Erst wenn Beschwerdefreiheit eingetreten ist, darf mit den rekonstruktiven Maßnahmen begonnen werden. Um zu einer differenzierten Diagnose zu gelangen, muss der Patient einen exakten Untersuchungsgang durchlaufen. Es ist sinnvoll, die Untersuchung in drei Abschnitte zu teilen. Im ersten

Abschnitt werden die Belastungsvektoren aufgespürt. Wenn sich herausstellt, dass ein unspezifischer Vektor vorliegt, macht eine weitere Untersuchung keinen Sinn. Das oberste Ziel muss die Beseitigung der Entzündung sein. Im Zweiten findet eine genaue Analyse der progressiven Adaptation statt. Entlang der Belastungsvektoren finden sich häufig Adaptationen, auch Nachbarstrukturen weisen teilweise Adaptationen auf. Dabei sind die Adaptationen in Richtung der Belastungsvektoren von den Adaptationen in den umgebenden Strukturen zu trennen. Die regressive Adaptation in Richtung der Belastungsvektoren ist erwünscht, hingegen müssen die Adaptationen in den umgebenden Strukturen beseitigt werden. Der dritte Teil der Untersuchung dient zur Analyse der Einflüsse. Hierbei muss geprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen dem Belastungsvektor und der Okklusion besteht.

Le Resche (1997) stellte fest, dass etwa jede zehnte untersuchte Person über 18 Jahre an Schmerzen im Kiefergelenk leidet und hauptsächlich Patienten zwischen dem 20. und 45. Lebensjahr betroffen sind. Scheinbar ist das Phänomen nicht mit dem zuvor beschriebenen Modell kongruent, da die Adaptationskapazität mit zunehmendem Alter abnimmt. So wäre es logischer, wenn die Kiefergelenksschmerzen im Alter zunehmen. Durch eine MRT-Studie an 1200 Kiefergelenken (Bumann et al. 1999) konnte gezeigt werden, dass der Grund für die Häufung der Schmerzen im mittleren Alter durch die Häufung der Einflüsse bedingt ist. Die Adaptation kann zu dem Zeitpunkt nicht mit den Einflüssen mithalten. Die Folge sind Schmerzen. Schmerzen können auch als ein natürlicher Schutz des Organismus gegen schädigende Einflüsse gesehen werden. Der Patient nimmt schmerzbedingt eine Schonhaltung ein, so können sich die Kiefergelenke adaptieren. Nach der Adaptation sind die Schmerzen verschwunden. Dieser Sachverhalt klärt die Aussage, dass ältere Patienten starke Abweichungen von der scheinbar „korrekten“ Kondylenposition aufweisen, ohne eine klinische Symptomatik zu zeigen. Normalerweise besteht pro Tag zwischen 18-32 Minuten ein Zahnkontakt (Graf 1969, Haddad et al. 1974). Durch dentale Einflüsse wie Bruxismus kann die Zeit erhöht sein. Wenn gleichzeitig eine Diskrepanz zwischen der Okklusion und der Position des Kiefergelenkes besteht, können Kiefergelenksbeschwerden auftreten. Der Bruxismus ist nicht therapierbar, aber durch eine Schienentherapie kann der okklusale Belastungsvektor eliminiert werden.

### **2.3 Bedeutung der Kondylenposition im Normalzustand und in pathologischen Zuständen**

Wie in dem oben genannten Modell nach Bumann und Lotzmann bereits beschrieben, kommt es zu Umbauprozessen im Kiefergelenk und somit zu Änderungen der Kondylenposition. Diese veränderte Position ist tolerierbar, solange der Patient schmerzfrei ist. Wenn es jedoch zu einer regressiven Adaptation oder Dekompensation kommt, sollte dieser Fehlstand korrigiert werden. Patienten, die nicht an Formen kraniomandibulärer Störungen leiden, können scheinbar veränderte Kondylenpositionen nach kieferorthopädischer oder prothetischer Behandlung oder chirurgischem Eingriff schmerzfrei akzeptieren. Es kommt in der Praxis häufig vor, dass eine zu weit retral gelegene Kondylenposition gewählt wird, um den Anspruch einer reproduzierbaren Kondylenposition zu erfüllen (Celenza und Nasedkin 1979). Auch diese Änderung wird von den meisten Patienten akzeptiert. Problembehaftet sind Patienten mit kompensierten kraniomandibulären Dysfunktionen. Sie sind nicht in der Lage, eine veränderte Kondylenposition zu tolerieren und mit Adaptation zu reagieren. 10-30% der Patienten in einer durchschnittlichen Zahnarztpraxis reagieren so (Bumann und Lotzmann 1999). Bei diesen Patienten ist es nötig, die physiologische Kondylenposition exakt zu bestimmen. Sie sind anamnestisch unauffällig und nur durch spezifische Untersuchungen lassen sich Belastungsvektoren ermitteln. Bei planbaren Eingriffen sind die Patienten durch eine gründliche Anamnese zu identifizieren. Bei nichtplanbaren chirurgischen Eingriffen hingegen ist es häufig nicht möglich, die Patienten präoperativ zu erkennen, um sie funktionell vorzubehandeln.

Im Folgenden werden die Bestandteile des Kiefergelenks beschrieben, wobei dieses unter besonderer Berücksichtigung des Adaptationsmodell geschieht. Es wird Wert auf die Veränderungen und die Auswirkung auf das Kiefergelenk gelegt. Die kraniale Gelenkfläche des Kiefergelenks kann in die Fossa glenoidalis und Protuberantia articularis unterteilt werden. Die Neigung der Protuberantia zur Okklusionsebene ist alters- und funktionsabhängig. Nach dem dritten Lebensjahr sind bereits 50% der Eminentia ausgebildet, die Neigung zur Okklusionsebene beträgt zu dem Zeitpunkt ca. 25° (Nickel et al. 1997). Zwischen dem 10. und 20. Lebensjahr ergeben sich nur noch Veränderungen von



ca. 5°. Bei Diskusverlagerungen kommt es häufig zu Verknöcherungen der Fissura tympanosquamosa, der Fissura petrotympanica und der Fissura petrosquamosa (Bumann et al. 1991). Eine kontinuierliche Belastung des Kiefergelenks ist für die Entwicklung wichtig. Ohne Belastung würden sich die Knorpelzellen zu Osteoblasten differenzieren (Kantomaa und Hall 1991). Es käme nicht zur Ausbildung von sekundärem Knorpel auf den belasteten Gelenkflächen. Nickel et al. (1997) fanden heraus, dass die Stimulation der Zellen auf dem Periost vor dem vierten Lebensjahr zur Entstehung von sekundärem Knorpel führt. Durch Belastung verlangsamt sich der Ossifikationsprozess, indem der intrazelluläre cAMP Spiegel sinkt (Kantomaa und Hall 1988). Dieses führt zur Erhöhung der Mitoserate und drängt damit den Ossifikationsprozess im Verhältnis zur Knorpelproliferation zurück (Coprav et al. 1985). Mow et al. (1992) fanden einen Zusammenhang zwischen dem Proteoglykangehalt im Knorpel und der Belastbarkeit der Gelenke.

Es konnte gezeigt werden, dass das trabekuläre Knochenvolumen der temporalen Gelenkanteile bei Vorliegen erosiv veränderter Kondylen mit 24% signifikant höher ist als bei unveränderten Kondylen mit 16% (Flygare et al. 1997). Koriath et al. (1994 a, b) fanden, dass die Kiefergelenksstruktur unter Funktion variabel in Abhängigkeit von der individuellen statischen und dynamischen Okklusion ist. Diese beiden Studien stützen die Theorie, dass Kiefergelenke unter Funktion ihre Form verändern.

Die Morphologie des Kondylus zeigt eine große Variabilität auf (Scapino 1997). Es kommt nicht nur individuell zu großen Formvariationen, sondern auch intraindividuell lassen sich Unterschiede des rechten und linken Kondylus erkennen. Kondylen adaptieren sich im Laufe ihres Lebens getrennt voneinander. So nimmt die Kondylendimension in mediolateraler Richtung um den Faktor 2 bis 2,5 zu, in sagittaler jedoch nur gering (Nickel et al. 1997). In der Sagittalebene ist der Kondylus deutlich konvexer als in der Frontalebene. Der Kondylus ist auf seinen Gelenkflächen mit einer Faserknorpelschicht überzogen. Auch bei den Strukturen fallen Veränderungen in Abhängigkeit der Belastung auf. Der Knorpel, der hohen kompressiven Belastungen ausgesetzt ist (also Kräfte absorbieren und verteilen muss), ist durch eine Matrix mit hohem Wasseranteil, hochmolekularem Chondroitinsulfat und einem Netzwerk aus Kollagen Typ II

geschützt (Maroudas 1972, Mow et al. 1992). Gelenkflächen, die funktionell weniger beansprucht werden, weisen einen höheren Anteil an Kollagen Typ I auf (Pirttiniemi et al. 1996). Karahrju-Suvanto et al. (1996) konnten in ihren Arbeiten nachweisen, dass Hypermobilität die Belastung pro Flächeneinheit erhöht. Dabei ist die Amplitude, Frequenz, Dauer und Richtung, Kraft Ausschlag gebend für die Mehrbelastung. Aus der Arbeit lässt sich folgern, dass es bei bestehender Hypermobilität des Unterkiefers zu einer verstärkten Belastung der Gelenkflächen kommt. Auch der Kondylus weist einen signifikant höheren Anteil an trabekulärem Knochenvolumen (21%) und Kondylen ohne Hypermobilität (15%) auf. Das gesamte Knochenvolumen ist ebenso erhöht. Es kann abschließend festgestellt werden, dass degenerative Veränderungen im knöchernen Bereich in engem Zusammenhang mit unphysiologischen Belastungen der Gelenkflächen stehen. Ebenfalls bleibt festzuhalten, dass knöcherne Anteile ein Leben lang in der Lage sind, sich progressiv oder regressiv zu adaptieren (Griffin et al. 1975).

Um die Frage zu klären, wann eine Kondylenposition als pathologisch angesehen werden kann, gewinnt die Betrachtung der Weichgewebe im Gelenk in der letzten Zeit eine immer größere Bedeutung. In dem Zusammenhang ist die bilaminäre Zone zu nennen. Ihr kommt neben der Aufgabe der Stabilisierung des Diskus auch die Aufgabe der Positionierung des Kondylus in der Fossa zu (Zenker 1956). Auch bei der Propriozeption und Nutrition des Gelenkes übernimmt die bilaminäre Zone eine entscheidende Aufgabe (Lundberg et al. 1990, Grundemar und Hakanson 1993, Widdicombe 1991). Der Begriff der bilaminären Zone nach Rees (1954) für die Bezeichnung des dorsalen Anteils des Kiefergelenkes, hat sich gegen andere Begriffe wie retroartikuläres Polster, retroartikuläres planes Polster, retrodistales Polster oder trilaminäre Zone durchgesetzt. Histologisch lassen sich Adaptationsprozesse der bilaminären Zone nachweisen. Bei einer progressiven Adaptation finden sich Fibrosierungsprozesse. Bei einer regressiven Adaptation finden sich Entzündungsprozesse und teilweise Perforationen der Zone. Bei anhaltender dorsaler oder dorsokranieler Belastung der bilaminären Zone kommt es gelegentlich zu einer Ausbildung eines Pseudodiskus (Westersson und Paesani 1993, Bjornland und Refsum 1994).

Aus klinischer Sicht ist die Fibrosierung bei Patienten mit Kiefergelenksproblemen positiv einzuschätzen. Bei 10-36% der Patienten mit Kiefergelenksproblemen bleibt eine Fibrosierung aus, bei ihnen werden arthrogene Schmerzen beobachtet (Bumann und Lotzmann 2000, S. 25).

Ein Druckanstieg im Gefäßplexus der bilaminären Zone durch sympathische oder hormonelle Einflüsse würde zu einer nach ventral gerichteten Kraft führen (Ward et al. 1990). Dieses könnte zu einer Dehnung des Stratum inferius führen, was letztlich eine anteriore Diskusverlagerung fördern könnte (Schwarzer 1993). Die Anwesenheit spezifischer Neuropeptide im Kiefergelenk fördert sowohl die gesteigerte Schmerzwahrnehmung (McLachlan et al. 1993), als auch eine Aktivierung des sympathischen Nervensystems in Gelenk. Die Aufgabe des Sympathikus im Gelenk ist die vasomotorische Kontrolle. Die Kontrolle ermöglicht die optimale Anpassung des Blutvolumens während der Kondylenbewegung. Die Propriozeption der Gelenkkapsel nimmt auch Einfluss auf das sympathische Nervensystem. Die Aktivierung der Propriozeption erhöht die Aktivität der sympathischen Efferenzen (Roberts und Elardo 1985). Aufgrund der sympathischen Innervation der intrafusalen Muskelfasern (Grassi et al. 1993) kommt es sekundär über eine Aktivierung der Afferenzen der Muskelspindeln und der efferenten  $\alpha$ -Motoneurone zu einem Anstieg der Muskelspannung (Schwarzer 1993).

Eine andere wichtige Weichteilstruktur im Kiefergelenk ist der Diskus. Seine Hauptaufgabe besteht im reibungsreduzierten Gleiten und in der Verteilung und Dämpfung von Belastungsspitzen (McDonald 1989, Scapino et al. 1996). Eine Reduktion der Diskusdicke führt zu einem exponentiellen Anstieg der Diskusbelastung (Nickel und McLachlan 1994). Mit zunehmender Belastungsgeschwindigkeit wird der Diskus „steifer“ (Chin et al. 1996). Die progressive Adaptation des Diskus unterscheidet sich dadurch, dass sie reversibel (elastisch) ist. Da sowohl funktionelle Belastungen als auch anhaltende unphysiologische Belastungen zur Deformation führen, gibt es keine im engeren Sinne positiv auswirkende Adaptation (wie zum Beispiel durch eine Massenzunahme gekennzeichnete Gewebsreaktion). Der Diskus ist nicht zu zellulärem Remodelling fähig (Moffet 1984). Die regressive Adaptation äußert sich in bleibender Deformation, Diskusperforation und Ossifikation des Diskus.

Im physiologischen Kiefergelenk kommt der posteriore Anteil des Diskus auf dem kranialen Anteil des Kondylus zu liegen. In der Zentrik befindet sich der mittlere und zugleich dünnste Teil des Diskus, zwischen der ventrokranialen Kontur des Kondylus und der Protuberantia articularis (van Blarcom 1994). Der anteriore Teil des Diskus liegt vor dem Kondylus (Scapino 1983). Der Diskus und der Kondylus stellen einen Komplex dar. Der vordere und der hintere Teil des Diskus sind am medialen und lateralen Kondyluspol fixiert. So hat der Diskus bei aktiver Unterkieferbewegung einen möglichst großen Freiraum. Dorsokranial ist der Diskus mit der bilaminären Zone verankert, wobei bisher vier anatomische Varianten der Fixierung bekannt sind (Bumann und Lotzmann 2000, Abbildung 21). Beim Typ A inseriert das Stratum superius und die dorsale Gelenkkapsel getrennt von einander in die Fissurae (Abbildung 21: oben links). Beim Typ B werden die Fissuren vollständig durch die dorsale Gelenkkapsel ausgefüllt. Das Stratum superius setzt am Processus glenoidalis an (Abbildung 21: oben rechts). Es kann auch vorkommen, dass die beiden Strukturen vor dem Eintreten in die Fissuren bereits verschmelzen, Typ C (Abbildung 21: unten links). Beim selten vorkommenden Typ D findet sich keine dorsale Kapselstruktur, der Abschluss des Gelenks wird von der Faszia der Parotis gebildet (Abbildung 21: unten rechts).

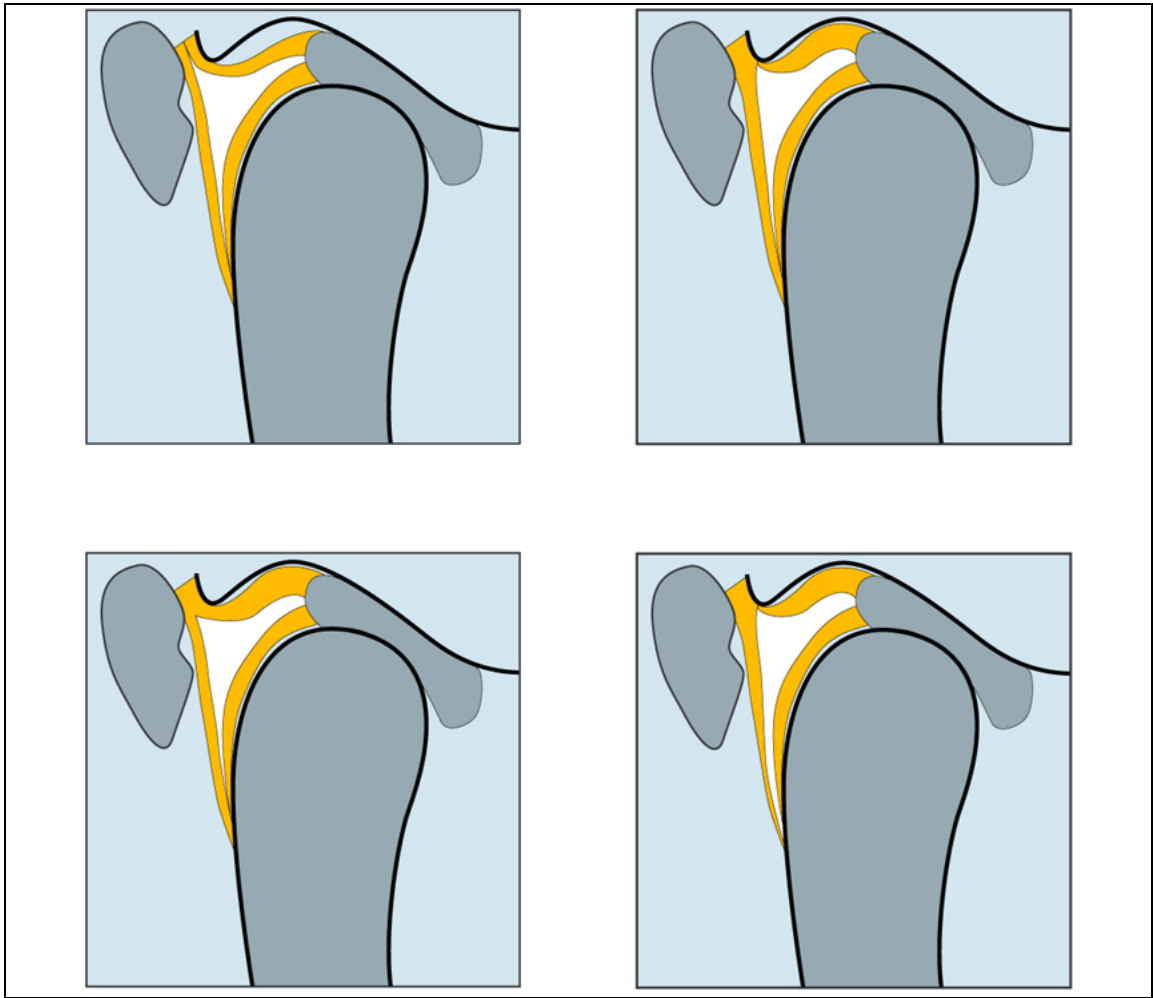


Abbildung 21: Varianten der dorsokraniellen Anheftung der bilaminären Zone (nach Bumann und Lotzmann 2000)

Die Diskusverlagerungen werden häufig im Zusammenhang mit kranio-mandibulären Dysfunktionen genannt. Sie stellen eine relativ oft auftretende Kiefergelenksveränderung dar. Die Stabilität des Diskus auf dem Kondylus ist durch die Konvexität des hinteren Anteils des Diskus bedingt. Wie zuvor bereits erwähnt, ist die bilaminäre Zone ebenfalls für die Stabilität des Diskus entscheidend. Das Stratum superius und das Stratum inferius sind die beiden entscheidenden Strukturen der bilaminären Zone (Eriksson et al. 1992, Müller-Leisse et al. 1997). Eine Überdehnung des Stratum inferius kann als eine *conditio sine qua non* für die Entstehung einer anterioren Diskusverlagerung gesehen werden. Die Gelenkkapsel weist auch bei anteriorer Diskusverlagerung einen ge-

dehnten ventralen Anteil auf (Scapino 1983). Dabei korreliert das Ausmaß der Überdehnung der Gelenkkapsel mit dem Ausmaß der anterioren Verlagerung (Katzberg et al. 1980). Es muss diagnostisch zwischen einer partiellen und totalen Diskusverlagerung unterschieden werden (Bumann und Groot Landwehr 1993, Rammelsberg et al. 1997). Das Ausmaß einer Verlagerung kann über viele Jahre konstant bleiben (Könönen et al. 1996). 9% der Verlagerungen mit Reposition gehen jedoch innerhalb von 3 Jahren in eine Diskusverlagerung ohne Reposition über (Lundh et al. 1987). Neben den anterioren Verlagerungen kann sich der Diskus auch an die obere Gelenkkammer verlagern (Sandler et al. 1998).

Knackgeräusche werden mit pathologischen Kondylenpositionen in Zusammenhang gebracht. Dabei muss zwischen Reib- (Krepitus) und wirklichen Knackgeräuschen unterschieden werden. Reibgeräusche gehen meist auf Störungen der Gelenkflächen zurück, wobei Knackgeräusche meist mit Diskusverlagerungen assoziiert sind. Neben den Diskusverlagerungen können aber auch Knorpelhypertrophien (Hansson und Öberg 1977) und Kondylushypermobilität (Oster et al. 1984) für das Kiefergelenksknacken verantwortlich sein. Die Inzidenz von Gelenkgeräuschen variiert, es werden Zahlen zwischen 34% und 79% in der Literatur beschrieben (Agerberg und Carlsson 1975, Rieder et al. 1983, Gay und Bertolami 1987, Wabeke et al. 1989, Pöllmann 1993). Klinisch werden mehr Geräusche beobachtet, als vom Patienten beschrieben werden (Hardison und Okeson 1990). Alamoudi et al. (1998) fanden bei 7,8% der 3 bis 7 Jährigen Knackgeräusche. Auf fast 30% steigt die Inzidenz bei den 7 bis 20 Jährigen an (Könönen et al. 1996). Die meisten Patienten (53%) leiden unter einem reziproken Knacken, dass heißt, beim Öffnen und Schließen des Mundes kommt es zu Geräuschen (Muhl et al. 1987, Wabeke et al. 1989).

Zu den Gelenkflächen des Kiefergelenks werden die faserknorpeligen Gelenkanteile der Fossa und des Tuberkulums sowie des Kondylus und des Diskus gezählt. Die Aufgabe der Flächen ist die Abpufferung und Verteilung der Belastungsspitzen, indem sie sich in einem gewissen Maß deformieren lassen. Sie sorgen ebenfalls für die Minimierung der Friktion und des Abriebs (Mow et al. 1993, Murakami et al. 1998). Für die kompressive Widerstandsfähigkeit des Diskus sind die Proteoglykane im Faserknorpel verantwortlich (Kopp 1978).

Wenn der Proteoglykangehalt sinkt, kommt es zwar zu einer Verschlechterung des Kompressionsverhaltens, aber die Friktionseigenschaften der Gelenkflächen bleiben unverändert (Pickard et al. 1998).

Die Gelenkflächen sind in der Lage, sich zu adaptieren. Die Adaptation hängt von der Amplitude, der Frequenz und der Dauer der einwirkenden Kraft ab (Bell 1990). Bei Bewegungseinschränkungen kommt es verstärkt zu deformierenden Effekten, die Bewegung hingegen hemmt den Prozess. Wie bei allen anderen Strukturen des Kiefergelenks sind auch die Gelenkflächen in der Lage, sich im Rahmen ihrer Adaptationskapazität zu verändern. Wenn die Grenze überschritten ist, kommt es zu einer degenerativen Gelenkflächenveränderung (Solberg 1986, Copray et al. 1988). Histologisch führen leicht erhöhte funktionelle Gelenkflächenbelastungen zur Verdickung des Gelenkflächenknorpels (Muir 1977, Radin et al. 1978). Bei Belastungszunahme wird der Flüssigkeitsaustausch unterbunden und es kommt zu trophischen Störungen (Haskin et al. 1995). In der letzten Konsequenz kommt es zur Gewebedegeneration (Ateshian und Wang 1995). So verringert eine Kurzbelastung (<2 min) von Gelenkflächenknorpel den Friktionskoeffizienten. Eine 45minütige Belastung dagegen lässt die Friktion auf das 5fache steigen. Zyklische Kurzbelastungen erlauben demnach einen hohen Wassergehalt im Knorpel und gehen mit einer geringeren Friktion einher (Nickel und McLachlan 1994a).

Veränderungen an den Gelenken können auch Schmerzen auslösen. Es kommt jedoch erst zu Schmerzen, wenn der subchondrale Knochen frei liegt und die Nozizeptoren im Knochen aktiv sind (Quinn 1989, Kaminishi und Davies 1989). Der Diskus und die knorpeligen Gelenkanteile des Kondylus, der Fossa und des Tuberkulums enthalten postnatal keine innervierenden Strukturen mehr (Ramieri et al. 1996).

Schmerzen können auch durch Entzündungen der Gelenkfläche auftreten. Wenn sowohl Krepitus als auch Schmerzen bei dynamischer Kompression beobachtet werden, liegt eine *Osteoarthritis* vor. Von einer *Osteoarthrose* wird gesprochen, wenn Krepitus, aber keine Schmerzen klinisch feststellbar sind. Das Kiefergelenk ist in dem Fall regressiv adaptiert. Wenn sich bei der manuellen Funktionsanalyse zwar Schmerzen bei dynamischer Kompression auslösen lassen, jedoch keine Reibgeräusche feststellbar sind, wird von einer *Kapsulitis der*

*bilaminären Zone* gesprochen. In diesem Fall ist es häufig zu einer anterioren Diskusverlagerung ohne Reposition gekommen, dabei liegt die bilaminäre Zone während der gesamten Mundbewegung über dem Kondylus. Ist es zu keiner Fibrosierung der bilaminären Zone gekommen (die bilaminäre Zone ist nicht adaptiert), lassen sich Schmerzen während der dynamischen Kompression auslösen. Häufig findet man in der vorhandenen Literatur eine Definition der Osteoarthritis von Stegenga (1991). Er ist der Meinung, dass bei einer Osteoarthritis eine Entzündung der umgebenden Weichgewebe zu beobachten ist. Bumann und Lotzmann (2000) stützen sich dagegen auf die Studien von Quinn (1989) und Kaminishi und Davies (1989).

Das Kausystem scheint nach Studien von Smith 1993, Huggare und Houghton 1996 kein geschlossenes System zu sein. Vielmehr beeinflusst die Körperhaltung das Kausystem oder das Kausystem die Körperhaltung. Die Gestaltung der Studien, die die Zusammenhänge erfassen, ist schwierig und die Aussagekraft zweifelhaft. Im Folgenden werden der Vollständigkeit halber die Ergebnisse einiger Studien und Zusammenhänge ohne näher auf die Aussagen einzugehen aufgeführt. Es wurden Zusammenhänge zwischen kranio-mandibulären Dysfunktionen und dem Bewegungsapparat nachgewiesen (de Wijer et al. 1996 und Dvorak und Walchli 1997). Nackenkopfschmerzen und Schmerzen im Ausbreitungsgebiet des N. trigeminus werden in Zusammenhang mit der oberen Halswirbelsäule gebracht (Wolff 1996). Auch Dysphonien werden in Zusammenhang mit Störungen im Halswirbelbereich C2/C3 gebracht (Seifert und Jager 1989). Auch Lotzmann und Steinberg (1993) konnten Zusammenhänge mit Frühkontakten und einer veränderten Körperhaltung nach Beseitigung derselben feststellen. Ferrario et al. (1996a) stellten fest, dass künstliche Okklusionsveränderungen bei gesunden Probanden keinen Einfluss auf die Körperhaltung haben.

Allgemeine Zusammenhänge zur Orthopädie wurden von Perrini et al. (1997) nachgewiesen. Es bestehen Zusammenhänge zwischen Gelenkhypermobilität und Kiefergelenkserkrankungen. Für die Therapie entscheidend ist die Frage, ob die Kiefergelenksprobleme *Ursache* oder *Folge* der peripheren Veränderungen sind. Bei absteigenden Problemen ist das Kiefergelenk ausschlaggebend, und bei aufsteigenden Problemen sind die Funktionsstörungen im Kausystem



die Folgen der Beschwerden im Kiefergelenk (Serviere 1989, Schöttl 1991). Die Frage, ob es sich um ein aufsteigendes oder absteigendes Problem handelt, wurde häufig diskutiert. Es lässt sich aber nur eine verwertbare Studie von Bumann et al. (1999) finden, die aussagt, dass chronische Schmerzpatienten vorwiegend absteigende Probleme im Kiefergelenk haben.

## **2.4 Einfluss der Okklusion bei kranio-mandibulären Funktionsstörungen**

In der akademischen Debatte bezüglich des Einflusses der Okklusion an der Ausbildung kranio-mandibulärer Dysfunktionen versus psychologischer Faktoren, wurde der Praktiker mit seinem Problem der Patientenbehandlung vernachlässigt. Eine Reihe von Studien zeigt, dass okklusale Störfaktoren eine notwendige Voraussetzung für die Ausbildung kranio-mandibulärer Dysfunktionen sind. Andere schreiben der Okklusion lediglich eine Bedeutung als Kofaktor zu. Auch das die Okklusion lediglich eine untergeordnete Bedeutung hat, wird in manchen Studien behauptet. Die Studien stützen sich überwiegend auf die Dokumentation der neuromuskulären Response vor und nach okklusalen Veränderungen. In aller Regel werden durch anamnestische und klinische Befunderhebung, elektromyographische Registrierung der Muskelaktivität oder durch Aufzeichnung des mandibulären Bewegungsmusters die Ergebnisse gewonnen.

Unter Okklusionsstörungen werden verstanden:

- Okklusale Interferenzen in Statik und Dynamik
- Insuffiziente okklusale Abstützung im Prämolaren- und Molarenbereich (offener oder verdeckter posteriorer Stützzonenverlust)
- Zu ausgeprägte oder zu instabile Interkuspitation (zu kleines oder zu großes Okklusionsfeld)
- Keine oder in Steilheit, Länge sowie Symmetrie ungenügende Frontzahn-, Gruppen- oder Retrusionsführung

- Überhöhte oder reduzierte Vertikaldimension bei Einnahme der maximalen Interkuspidation
- Unphysiologische Lagebeziehung des intakten oder gestörten Kondylus-Diskus-Komplexes zur Eminentia articularis (Diskusverlagerung, Kompression oder Distraction von Gelenkstrukturen).

Es lassen sich demnach hinsichtlich des Einflusses der Okklusion auf die Ätiopathogenese kranio-mandibulärer Dysfunktionen drei Gruppen definieren:

1. Die Okklusion ist die primäre Ursache für Dysfunktionen des Kauorgans.
2. Eine Supra- oder Infraokklusion ist als pathologischer Kofaktor bedeutsam.
3. Die Qualität der okklusalen Kontaktbeziehungen ist für die Entstehung der Funktionsstörung unerheblich.

Bei der Betrachtung, ob die Okklusion Einfluss auf die Ausbildung der Dysfunktion hat, ist es wichtig zu wissen, dass die Kaumuskulatur der eigentliche „Motor“ des Systems ist. Die Okklusion allein kann keinen pathologischen Prozess bewirken. Auch das physiologische Kauen, Schlucken und Sprechen führt zu keiner dauerhaften Schädigung des Kauorgans. Es ist vielmehr das exzessive und unkontrollierte Ausführen von Parafunktionen, die pathologische Veränderungen entstehen lassen (Drum 1969). Im Folgenden wird anhand von Studien diskutiert, ob die Okklusion für die Entstehung von Parafunktionen verantwortlich ist.

Untersuchungen von Zarb und Thompson (1975), Mohlin und Kopp (1978), Droukas et al. (1985), Roberts et al. (1987) sowie Dibbets und van der Weele (1993) fanden trotz größerer Patientenkollektive keine signifikante Korrelation zwischen okklusalen Fehlkontakten und dysfunktionsbedingten Schmerzen sowie einem Funktionsverlust des Kauorgans. Der Malokklusion wird schon seit Beginn der wissenschaftlichen Betrachtung der Dysfunktionen eine Bedeutung zugesprochen (Müller 1925, Thielemann 1935, Posselt 1963, Kobes 1969, Motsch 1978).

Viele Studien beschreiben einen Zusammenhang zwischen der Okklusion und den Dysfunktionen, ohne hingegen den pathologischen Effekt der Infra- oder Supraokklusion näher zu beschreiben. Von Ramfjord (1961) wurde das Verhalten von Muskelpotentialen vor und nach Elimination von okklusalen Störkontakten untersucht. Nach der okklusalen Äquilibration beobachtete er eine Abnahme des Muskelpotentials, es stellte sich eine Harmonisierung des Kontraktionsmusters des M. temporalis und des M. masseter ein. Eine andere Studie von Drechsler et al. (1973) verfolgte den umgekehrten Weg. Gesunden Patienten wurde eine Schiene mit okklusalen Fehlkontakten eingebracht, es wurden eine Aktivitätsveränderung im Seitenvergleich und eine veränderte Reflex-tätigkeit beobachtet. Riise und Sheikholeslam (1982) fanden Tonusänderungen der Muskeln bereits 48 Stunden nach Setzen eines zentrischen Vorkontaktes. Ca. 50% der Patienten gaben bereits drei Stunden nach dem Setzen der Kontakte Schmerzen und Spannungsgefühle an. Die muskuläre Hyperaktivität und das Abklingen der Beschwerden trat in den meisten Fällen erst eine Woche nach Entfernen der Kontakte ein.

Hyperbalancen hingegen haben nach de Boever (1969) keine verstärkte Muskelaktivität zur Folge. Nach 8 Tagen konnte keine signifikante Änderung des Ruhetonus beobachtet werden. Ingervall et al. (1979), Ingervall und Lindahl (1980), sowie Ingervall und Carlsson (1982) führten Studien über den neuromuskulären Einfluss von okklusalen Störkontakten und okklusaler Instabilität durch. Sie fanden eine deutliche Veränderung der Aktivitätsdauer von M. temporalis und M. masseter während des Kauzyklus, der sich aber nach okklusaler erneuter Rehabilitation wieder normalisierte.

Von Kritikern wurde angemerkt, dass die unterschiedliche Position der Nadel-elektroden zur Messung der Muskelaktivität vor und nach Einschleifen die Ergebnisse beeinflusse. Akerman et al. (1986) achteten deshalb auf eine unveränderte Positionierung der Elektroden und konnten so eine Harmonisierung der Muskelaktivität zeigen. So wurde die Schlussfolgerung von Randow (1976), dass okklusale Interferenzen die direkte Antwort auf Koordinationsstörungen der Muskeln sind, bestätigt. Der Verlust der Stützzone ruft Veränderungen in

der Kaumuskelaktivität hervor. Bereits ein einseitiger Verlust der Stützzone hat eine Hyperaktivität zur Folge (Silverman 1961).

Jüde et al. (1977) konnten eine Veränderung der Kaumuskelarbeit nach Präparation der endständigen Molaren zeigen. Elektromyographische Untersuchungen stellten Zusammenhänge zwischen der einseitigen Nonokklusion und der Ausbildung von Kiefergelenksschmerzen auf der ipsilateralen Seite mit erhöhter Muskelaktivität fest. Sie fanden heraus, dass es bereits wenige Minuten nach der Rekonstruktion einer durch Bruxismus verloren gegangenen Eckzahnführung bei maximalem Pressen in Laterotrusionsstellung des Unterkiefers zu einer statistisch signifikanten Aktivitätsabnahme der Muskeln kommt. Schulte (1966) und Moller (1981) fanden bereits früher einen Zusammenhang zwischen der Muskelaktivität und den lateralen Okklusionskontakten. Sie stellten fest, dass die Aktivität der Muskeln um so geringer ausfällt, je weniger okklusale Kontakte bei Laterotrusion festgestellt wurden. Durch eine steilere Fronteckzahnführung bei Lateralbewegung diskludieren die Molaren früher.

Auch die Ergebnisse von Gosen (1974) und McAdam (1976) bestätigen indirekt diese Feststellung: Sie weisen nach, dass sich die Aktivität der Muskeln mit einer Verlagerung der exzentrischen Okklusalkontakte im Seitenzahnbereich bei dynamischer Okklusion erhöht. Therapeutisch kann die Reduzierung der Okklusion auf symmetrisch kleinflächig angelegte Kontaktareale im Prämolarenbereich bei Ausführung von Parafunktionen hilfreich sein (Schulte 1966). Auch durch den Aufbau einer steileren Eckzahnführung lässt sich gerade mit der Adhäsivtechnik Besserung erzielen (Manns-Freese und Schulte 1988).

Geering (1974), Solberg et al. (1979) sowie Graham et al. (1982) haben einen eindeutigen Zusammenhang zwischen einem asymmetrischen Gleiten und Symptomen einer dysfunktionsbedingten Erkrankung des Kauorgans festgestellt. Patienten, die ein füllungs- und kariesfreies Gebiss haben, wurden mit Patienten verglichen, die Füllungen und kariöse Defekte aufwiesen. Die Ergebnisse

belegten, dass die Probanden mit Läsionen häufiger an Dysfunktionen litten. So zeigten sich häufig Palpationsschmerzen der Kaumuskulatur. Knackgeräusche und druckdolente Kiefergelenke wurden ebenfalls häufiger gefunden als im Vergleich zu Patienten mit intaktem Gebiss. Auch Mediotrusionsvorkontakte und ein laterales Abgleiten in die maximale Interkuspitation wurde signifikant häufiger vorgefunden (Kampe et al. 1980).

Posselt (1971), Solberg et al. (1972), Mohlin et al. (1976) sowie Ingervall et al. (1980) konnten einen eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von dysfunktionsbedingten Symptomen und dem Vorhandensein von Mediotrusionsvorkontakten herstellen. Die Änderung der Morphologie des Kiefergelenkkopfes korreliert mit der Anzahl der okkludierenden Zähne. Von Gerber (1971), Mongini (1972, 1977) sowie Geering (1978) wurde die Meinung vertreten, dass eine ungenügende okklusale Abstützung im Molarenbereich zu einer erhöhten Belastung und es als weitere Folge zu Veränderungen der Kiefergelenke kommt. Je weniger Zähne einen Antagonisten haben, desto stärker hat sich die Form des Kiefergelenkkopfes verändert (Hansson et al. 1979). Demgegenüber steht die Aussage von de Boever und Adriaens (1983). Sie fanden heraus, dass nicht mit der Abnahme der okkludierenden Molaren und Prämolaren die Wahrscheinlichkeit steigt, Schmerzen im Kiefergelenk zu entwickeln, was nach Hanssons et al. (1979) und Gerbers (1971) Aussagen die logische Konsequenz wäre.

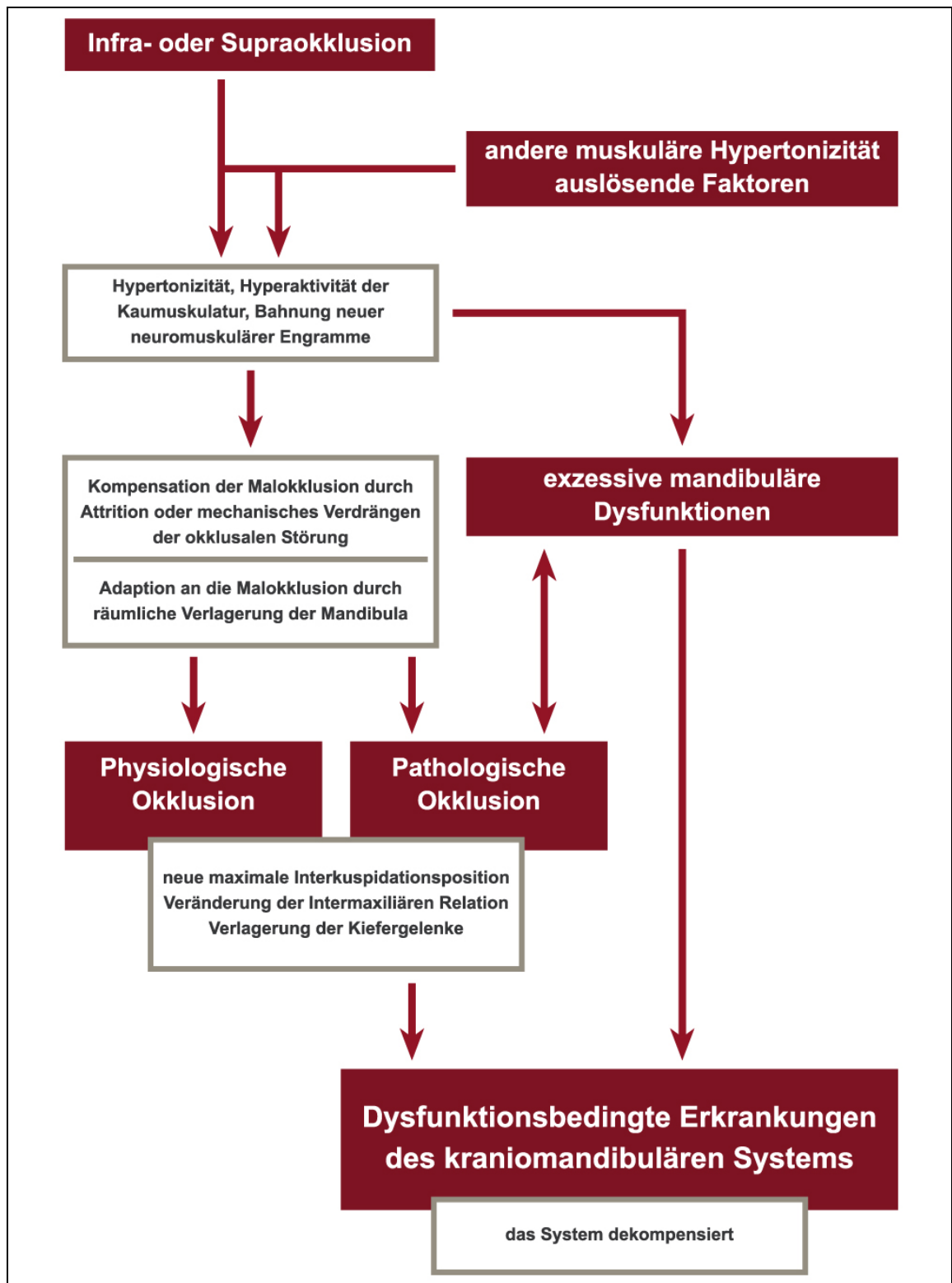


Abbildung 22: Mechanismus zur Beseitigung okklusaler Interferenzen durch Autoregulation (Graber 1989)

Die Bedeutung der Okklusion wird nach Jäger und Schneider (1992) relativiert. Sie schließen aus ihren Untersuchungen, dass okklusale Interferenzen als ätiologischer Faktor für die Entstehung von kranio-mandibulären Dysfunktionen nur eine geringe Bedeutung haben. In einer klinisch-experimentellen Studie an drei Probanden wurde der Einfluss von Okklusionsstörungen und Stress auf die kybernetische Kaukraftsteuerung untersucht. Es wurde unter Stress eine Kaukraftsteigerung vom 3- bis 6fachen der ursprünglichen Leistung festgestellt. Dabei sei aber entscheidend, ob die Probanden den Stress auf das Kauorgan projizieren und mit einer erhöhten Kauaktivität reagieren. Patienten, die ihren Stress nicht auf das Kauorgan projizieren, können so eine vorhandene Okklusionsstörung kompensieren. Seligman und Pullinger (1989) konnten in einer Vergleichsstudie nachweisen, dass okklusale Interferenzen für die Entstehung dysfunktionsbedingter Erkrankungen des Kauorgans bedeutsam sind. Auch Freesmeyer (1987) kommt zu dem Schluss, dass die statische, dynamische Malokklusion als Primärfaktor in der Ätiopathogenese der dysfunktionellen Erkrankungen eine entscheidende Rolle übernimmt.

Es bleibt festzustellen, dass der Schwellenwert, der die Kompensation und Dekompensation definiert, weiterhin unbekannt ist. Auch die Bedeutung der psychosomatischen Komponente eines jeden Patienten ist noch unklar.

## **2.5 Einfluss der Kondylenposition auf die Traumatologie**

Bei 19-38% aller Unterkieferfrakturen ist der Kondylus beteiligt (Ellis et al. 1985, Dimitroulis 1997). Bei Kindern ist der Anteil mit 26-60%, an dem der Kondylus mitfrakturiert, noch weit höher (Stylogianni et al. 1991). Jugendliche zwischen 6-15 Jahren weisen eine Beteiligung von 78% auf, wobei nur 4% davon tiefe Kollumfrakturen sind. Erwachsene zeigen folgendes Verteilungsmuster der Kollumfrakturen: 62% tiefe, 24% hohe und nur 14% intrakapsulär.

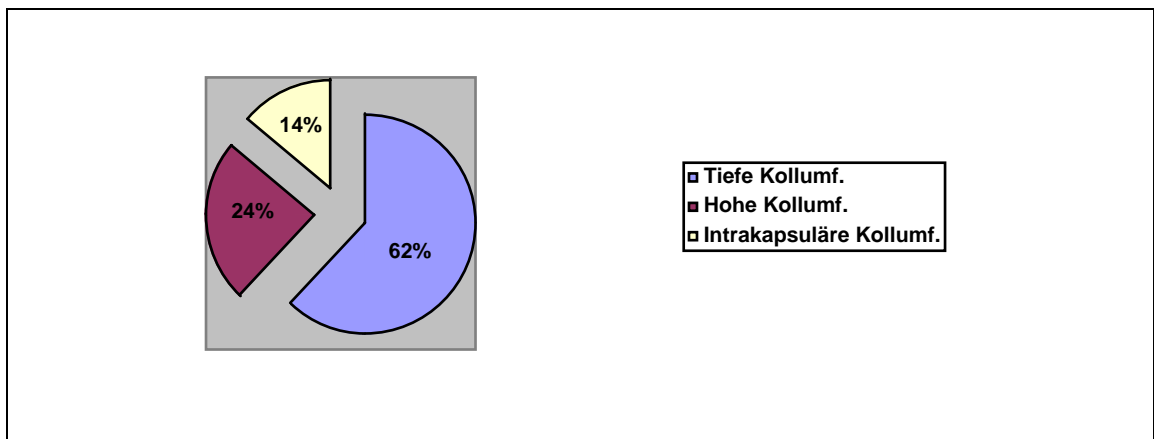


Abbildung 23: Verteilungsmuster der Kollumfrakturen bei Erwachsenen (Bumann und Lotzmann 2000)

Bei Frakturen des Unterkiefers stellt sich das Problem der Positionierung des Kondylus. Insbesondere die Einstellung von Kollum- und Kapitulumfrakturen ist problembehaftet. Für die Klassifikation von Kollumfrakturen sind in Deutschland zwei Systeme weitgehend gängig, nach MacLennan (1969) und nach Spiessl und Schroll (1972). Sie stützen sich nur auf knöcherne Strukturen. Die Funktion der Weichgewebe wird nicht berücksichtigt. MacLennan (1969) teilt die extrakapsulären Frakturen je nach Ausmaß der Verlagerung in vier Gruppen ein. Spiessl und Schroll (1972) berücksichtigen auch die intrakapsulären Frakturen in ihrer Klassifikation.

Nach Spiessl und Schroll werden die Frakturen in sechs Typen eingeteilt. Beim Typ I ist das Kollum frakturiert, aber nicht disloziert. Typ II beinhaltet tiefe Kollumfrakturen mit Dislokation. Häufig besteht aber noch zwischen der Fraktur ein Knochenkontakt. Typ III umfasst hohe Kollumfrakturen mit Dislokation nach ventral, medial, lateral oder dorsal. Es besteht in der Regel jedoch kein Knochenkontakt. Typ IV fasst alle tiefen Kollumfrakturen mit Luxationen zusammen. Typ V subsumiert hohe Kollumfrakturen mit Luxation. Die Typ VI Frakturen nach Spiessl und Scholl beinhaltet die intrakapsulären Kapitulumfrakturen (Tabelle 7).



Tabelle 7: Kollumfrakturen-Klassifikation nach Spiessl und Schroll (1972)

Typ	Art der Fraktur
Typ I	Fraktur des Kollums ohne Dislokation
Typ II	Tiefe Kollumfraktur mit Dislokation
Typ III	Hohe Kollumfraktur mit Dislokation
Typ IV	Tiefe Kollumfraktur mit Luxation
Typ V	Hohe Kollumfraktur mit Luxation
Typ VI	Intrakapsuläre Kapitulumfraktur

Die Klassifikation nach Spiessl und Schroll eignet sich gut für Studien, die sich mit funktionellen Problemen nach Frakturen beschäftigen. Tiefe Kollumfrakturen und Luxationsfrakturen haben ein erhöhtes Risiko, funktionelle Probleme zu entwickeln (Türp et al. 1996a,b). Bei der operativen Behandlung von Typ°IV-Frakturen konnten signifikant bessere Ergebnisse erreicht werden, als nach konservativ-funktioneller oder ohne Therapie (Worsaae und Thorn 1994, Widmark 1997). Die Typ V-Frakturen können technisch auch operativ versorgt werden (Rasse et al. 1991, Silvennoinen et al. 1995, Hachem et al. 1996, Kermer et al. 1998). Die Entwicklung von Zugschrauben, Miniplatten und resorbierbaren Pins hat die Indikation eines operativen Vorgehens vergrößert. Dennoch ist es operativ häufig schwierig, den Kondylus korrekt zu fixieren und zu positionieren. Eine Häufung der Typ VI-Frakturen findet sich bei Kindern unter sechs Jahren.

Obwohl viele Patienten mit Kollumfrakturen langfristig wenige Probleme entwickeln (Choi 1996), ist eine frühe Reposition für die Wiederherstellung der Funktion wichtig (Talwar et al. 1998). Kahl-Nieke et al. (1995) stellen jegliche konservativ-funktionelle Therapie in Frage, da sie gegenüber unbehandelten Patienten keine eindeutigen Vorteile aufweist.

Eine weiterführende, ergänzende Einteilung der Kollumfrakturen wurde von Bumann et al. (1993) vorgeschlagen. Bei dieser Einteilung wird besonderer Wert auf die Betrachtung des Diskus-Kondylus-Komplexes gelegt, der für die Rehabilitation des Patienten entscheidend ist.

Die Klassifikation nach Bumann unterscheidet drei Gruppen: Beim Typ A kommt es zu keiner Ruptur des Diskus-Kondylus-Komplexes. Er bezeichnet eine Verlagerung des Diskus in Relation zur Fossa articularis und geht in der Regel mit einem dislozierten Kondylus in der Sagittalebene einher. Bei dieser Art der Kollumfraktur bewegt sich der Diskus in Relation zum Kondylus lediglich in physiologischer Weise nach dorsal. Dieses entspricht der physiologischen Mundöffnungsbewegung. So ist es zu erklären, dass es nicht zur Ruptur des Komplexes kommt. Häufig sind Schäden nach Typ A laut Bumann mit Frakturen des Typs I, II und V nach Spiessl und Schroll assoziiert. Typ B beschreibt eine partielle Ruptur des Diskus-Kondylus-Komplexes: Es liegt eine physiologische Diskusposition in Relation zur Fossa vor. Durch die Rotation des Kondylus in der Frontalebene kommt es zu einer partiellen Ruptur. Dieser Typ tritt häufig mit Frakturen von Typ II und III nach Spiessl und Schroll auf. Bei Typ C ist es zur totalen Ruptur des Diskus-Kondylus-Komplexes gekommen. Durch die Luxation des Kondylus nach medial wird die anatomische Verbindung zwischen Diskus und Kondylus traumatisiert. Wahrscheinlich ist die Richtung der einwirkenden Kraft für den Verbleib des Diskus an der Eminentia verantwortlich.

Tabelle 8: Ergänzende Klassifikation der Kollumfrakturen nach Bumann (1993)

Diskusverlagerung Typ:	Beschreibung der Verlagerung:	Assoziiert mit Fraktur-Typen nach Spiessl und Scholl:
Typ A	Der Diskus-Kondylus-Komplex ist intakt	Typ I, II, V
Typ B	Partielle Ruptur des Diskus-Kondylus-Komplexes	Typ II, III
Typ C	Totale Ruptur des Diskus-Kondylus-Komplexes	

Die Klassifikation wurde von Chuong (1995), Sullivan et al. (1995), Takaku et al. (1996), Choi (1997) und Oezmen et al. (1998) aufgegriffen und ergänzt. Die therapeutische Bedeutung wurde von den Autoren durch zusätzliche Befunde und andere Untersuchungen bestätigt.

Nach Traumatisierungen des Kiefergelenks kommt es häufig zu Einblutungen in das Gelenk. Bei einer zu langen Ruhigstellung des Gelenkes nach Traumen besteht die Gefahr der Versteifung. Neben diesen Begleiterscheinungen kann es zu Ankylosen des Gelenkkopfes kommen. Zu Ankylosen kann es ebenfalls nach Infektionen des Mittelohrs, durch Tumore und durch kompressive Funktionsmuster kommen (Khanna et al. 1981, Chandra und Dave 1985, Dachowski et al. 1990, Faerber et al. 1990, Leighty et al. 1993, Karras et al. 1996).

Die Ankylosen lassen sich in eine knöcherne und in eine fibröse Form unterteilen. Bei manueller Funktionsanalyse ist bei den *fibrösen* Ankylosen ein zu hartes Endgefühl feststellbar. Die Mundöffnung ist eingeschränkt, aber meist nicht schmerzhaft. Bei unilateralem Befall besteht während der Mundöffnung und der Protrusion eine Deflektion zur erkrankten Seite. Röntgenologisch sind die knöchernen Gelenkstrukturen unauffällig. Bei *knöchernen* Ankylosen ist im Röntgenbild der Gelenkspalt nicht mehr sichtbar. Häufig ist nur noch eine wolkeartige, unscharfe Verschattung zu erkennen. Nach einer Fraktur des Kondylus werden während der Heilungsphase die Fragmente mit einer Bindegewebsschicht überzogen (Flygare et al. 1992). Bleibt dies aus, entsteht eine knöcherne Ankylose. Therapeutisch ist bei Ankylosen eine großzügige Resektion die Therapie der Wahl (Omura et al. 1997). Bei jungen Patienten sollte ein costochondrales Transplantat den Kondylus ersetzen (Posnick und Goldstein 1993). Eine Alternative stellt die Verwendung von autogenem Knorpel, eines Temporallappens oder die Verwendung von alloplastischen Materialien dar (Brusati et al. 1990, Heggie 1996). Je tiefer die Kondylektomie erfolgt, desto geringer ist das Rezidivrisiko. Postoperativ muss immer eine Physiotherapie folgen. Wenn es dennoch zum Rezidiv kommt, wird eine Lasertherapie oder Kiefergelenks-Implantat diskutiert (Westermarck et al. 1990, MacAfee und Quinn 1992, Moses et al. 1998).

## **2.6 Einfluss der Kondylenposition auf die Prothetik**

Vor jeglicher prothetischer Versorgung muss geprüft werden, ob der Patient unter Kiefergelenksschmerzen leidet. Auch wenn der Patient anamnestisch keine Schmerzen angibt, muss eine kurze manuelle Funktionsanalyse durchge-

führt werden. Bei dieser wird geprüft, ob der Patient an einer verdeckten kranio-mandibulären Dysfunktion (kompensierten Funktionsstörung) leidet. Wenn keine Besonderheiten festgestellt werden, ist die Prognose der prothetischen Rekonstruktion aus funktioneller Sicht gut.

Leidet der Patient unter einer kompensierten Funktionsstörung, sollte eine genauere Analyse folgen. Es muss geklärt werden, ob ein spezifischer okklusaler Belastungsvektor vorhanden ist, ob Einflüsse wie Bruxismus oder Dyskynesien bestehen und ob muskuloskeletale Hindernisse in therapeutische Richtung ertastet werden können. Ist der Patient zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung verstärkten psychischen Belastungen ausgesetzt? Kleinere prothetische Versorgungen, die die Okklusion nicht maßgeblich beeinflussen, werden von den meisten Patienten problemlos toleriert. Stehen größere prothetische Eingriffe bevor, die zu einer Veränderung der Okklusion führen, besteht die Gefahr, dass sich aus einer kompensierten Funktionsstörung schnell eine dekompen-sierte und regressiv adaptierte Funktionsstörung entwickelt. Nach neueren Erkenntnissen ist der Sachverhalt, dass Patienten mit einer kompensierten Funktionsstörung anamnestisch nicht erfasst werden, maßgeblich für die Entstehung von kranio-mandibulären Dysfunktionen nach prothetischen Rekonstruktionen verantwortlich. Um Misserfolge abzuwenden, sollte bei Patienten mit einer kompensierten Dysfunktion ein Provisorium in der neuen Okklusion angefertigt werden. Erst wenn der Patient die neue Situation schmerzfrei akzeptiert, darf mit der invasiven Behandlung begonnen werden. Bestehen temporäre psychische Belastungen, sollte geprüft werden, ob die Behandlung nicht auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden kann. Große Bedeutung kommt dem Physiotherapeuten zu. Er muss muskuloskeletale Hindernisse beseitigen. Eine Entspannung sämtlicher Muskeln muss angestrebt werden. Das Endziel muss eine Adaptation der Struktur in Richtung des Belastungsvektors sein. Es ist entscheidend, dass nur Strukturen in Richtung des Belastungsvektors adaptieren. Bei den umliegenden Strukturen sollte eine „restitutio ad integrum“ angestrebt werden.

Die Entscheidung, ob eine Repositionstherapie bei Diskusverlagerung indiziert ist, sollte sich an der Frage des Ausmaßes des prothetischen Handlungsbedarfs orientieren. Wenn eine umfassende prothetische Sanierung ansteht, kann eine

Reposition des Diskus angestrebt werden. Auf keinen Fall sollte eine okklusale Umgestaltung der Kauflächen erfolgen, mit dem alleinigen Ziel der Diskusreposition. Wenn der Patient im Alltag nicht eingeschränkt ist, sollte von einer Reposition des Diskus abgesehen werden (Major und Nebbe 1997). Die Therapie-Entscheidung hängt immer von der klinischen Symptomatik, der Prognose und dem Aufwand der Behandlung ab (Lous 1977). Wenn gegen eine okklusale Rehabilitation entschieden worden ist, sollte eine möglichst vollständige Adaptation der belasteten Strukturen angestrebt werden. Zum Beispiel wird bei der anterioren Diskusverlagerung eine Fibrosierung der bilaminären Zone zur Schmerzreduktion und eine Regeneration des Stratum inferius zur Stabilisierung des Diskus auf dem Kondylus angestrebt.

Patienten, die an Kiefergelenksschmerzen leiden und in Ihrer Lebensqualität eingeschränkt sind (Patienten mit einer dekompenzierten und regressiv adaptierten Funktionsstörung), müssen therapiert werden. Eine prothetische Rekonstruktion dieser Patienten ist häufig schwierig. Das oberste Ziel ist die Schmerzfreiheit der Patienten, da die Gefahr der Chronifizierung speziell bei dieser Patientengruppe sehr hoch ist. Die manuelle Funktionsanalyse ist bei hoch akuten Patienten nicht erfolgreich. Es lassen sich viele Belastungsvektoren in verschiedenen Richtungen finden und fast alle Strukturen sind schmerzhaft. Es ist nicht möglich, die Patienten kausal zu therapieren, da der eigentliche Belastungsvektor von anderen überlagert wird. Zu dem Zeitpunkt steht die symptomatische Therapie im Vordergrund. Hier kommen neben dem Einbringen einer Aufbissschiene weitere Maßnahmen in Betracht. Die Aufgabe des Physiotherapeuten in der akuten Schmerzphase ist es, durch seine manuelle Therapie die Gelenkkapsel zu mobilisieren (Kraus 1994), die Muskeln zu dehnen und die Muskeln zu kräftigen (Israel und Syrop 1997). Durch das Kräftigen der Muskeln wird eine bessere Koordination erreicht, die letztlich eine Schmerzreduktion bringt (Tegelberg und Kopp 1988). Die interdisziplinäre Behandlung mit alternativen Therapieansätzen gewinnt immer mehr an Bedeutung.

Mit der Akupunktur lässt sich eine gute Schmerzreduktion erzielen (Roasted 1998, Ernst und White 1999). Entspannungstherapien der Muskeln durch Wärme- und Kälte-Applikation wurden von Feine et al. (1997) beschrieben. Die psychologischen Einflüsse spielen eine große Rolle. Es lassen sich interessante

Ergebnisse von Rudy et al. (1995) und Dworkin (1997) finden. Durch den Einsatz lässt sich die psychische Komponente minimieren. Oakley et al. (1994) und Crasilneck (1995) propagieren eine Schmerzreduktion durch Hypnose. Bei Versagen der alternativen Therapien bleibt der Einsatz von Pharmazeutika als „ultima ratio“. Es besteht die Möglichkeit, Medikamente wie Analgetika, Antiphlogistika, Muskelrelaxantien, Natriumhyaluronat und Glukokortikoide einzusetzen (Brazeau et al. 1998). Kurzfristig können auch Kortikosteroide und Hyaluronatinjektionen sinnvoll sein (Kopp et al. 1991, Alstergren et al. 1996, Sandler et al. 1998). Von manchen Autoren wird auch ein langfristiger Einsatz empfohlen (Wenneberg et al. 1991).

Die zuvor beschriebenen Therapien werden unter dem Begriff der unspezifischen Therapie zusammengefasst. Sie findet Anwendung, wenn ein unspezifischer Belastungsvektor (es lassen sich Schmerzen in alle Richtungen auslösen) gefunden wird. Nach Beseitigung der unspezifischen Vektoren (die Entzündungen im gesamten Kiefergelenksbereich wurden beseitigt), ist der Patient schmerzfrei. In dem Stadium kann nun eine genauere Funktionsanalyse folgen.

Wenn sich im Folgenden noch Schmerzen in eine Richtung auslösen lassen, spricht man von einem spezifischen Belastungsvektor. Ein spezifischer Belastungsvektor kann mit einer spezifischen Therapie beseitigt werden. Es muss geprüft werden, ob es einen Zusammenhang zwischen einem gleichgerichteten okklusalem Vektor und dem spezifischen Vektor gibt. Wenn das der Fall ist, ergibt sich ein therapeutischer Vektor, der dem okklusalen und dem Belastungsvektor entgegengerichtet ist. Die spezifische Therapie besteht aus dem Einbringen einer Aufbissschiene oder dem Einsetzen eines Herbst-Scharniers. Gerade bei der Diskusreposition ist das Herbst-Scharnier der Aufbissschiene überlegen. Mit einer Aufbisshilfe lassen sich ca. 36% der Disci reponieren (Oke-son 1988), mit einem Herbst-Scharnier 87% (Summer und Westesson 1997).

Erst wenn der Patient schmerz- und beschwerdefrei ist, darf mit der invasiven prothetischen Restauration begonnen werden. Es lassen sich drei zeitlich aufeinander folgende Stufen der Behandlung zusammenfassen:

1. Diagnose und Entlastung der überbelasteten und nicht adaptierten Strukturen (unspezifische Therapie) durch den Einsatz einer Aufbissschiene, durch die manuelle Therapie des Physiotherapeuten, durch Medikamente und durch alternative Therapien.
2. Beseitigung der spezifischen Hindernisse (spezifische Therapie) durch das Einbringen einer Aufbissschiene mit therapeutischem Vektor (entgegengerichtet dem spezifischen Belastungsvektor).
3. Invasive prothetische Versorgung (Abbildung 24).

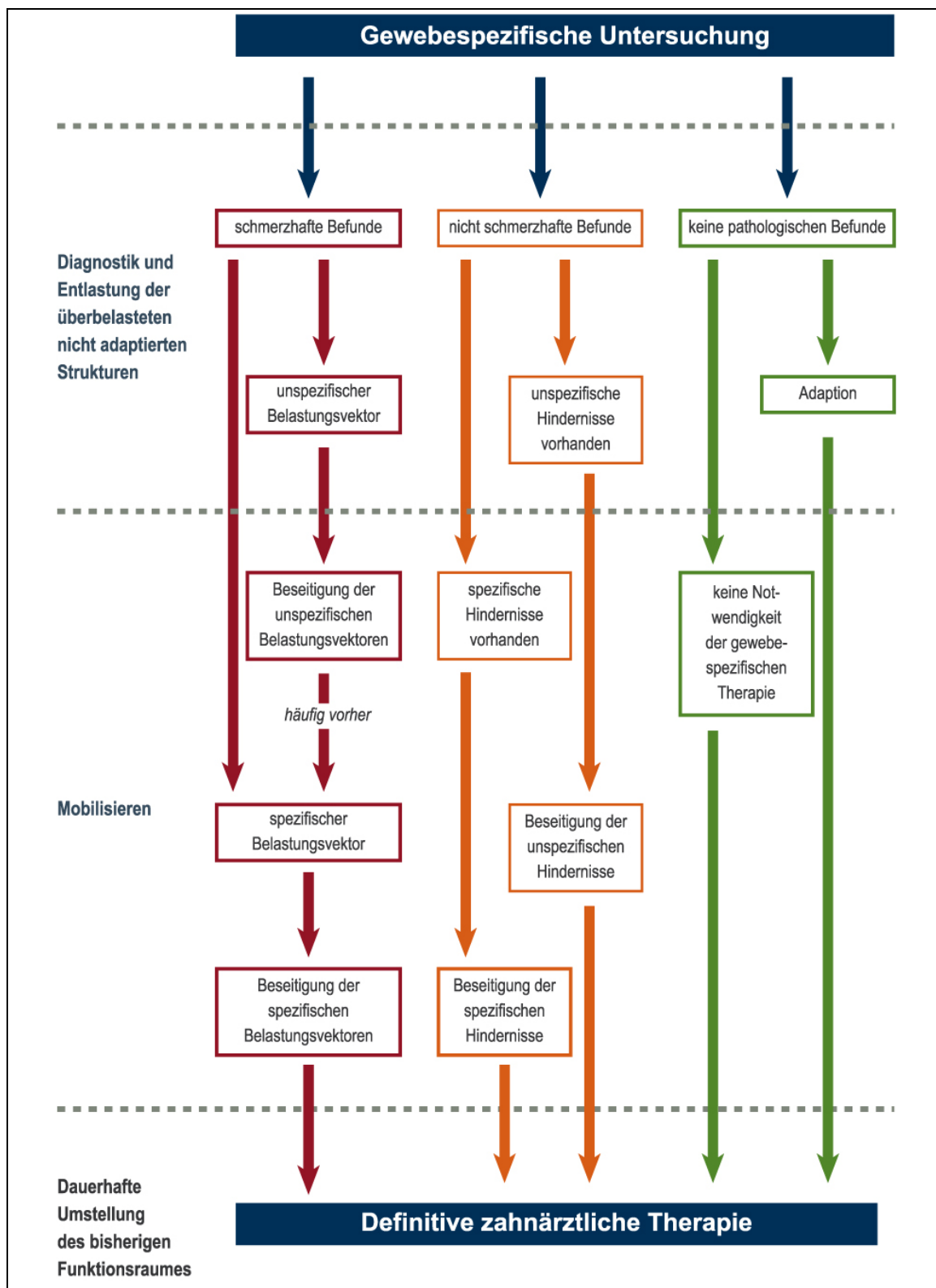


Abbildung 24: Therapieplan vor prothetischer Sanierung



## **2.7 Einfluss der Kondylenposition auf die Dysgnathiechirurgie**

Umstellungsosteotomien sind Wahleingriffe. Die Befriedigung der ästhetischen Ansprüche muss streng den funktionellen Aspekten untergeordnet sein. Eines der Ziele ist, den Bewegungsablauf des Kiefergelenkes und die Okklusion zu verbessern. Um ein optimales Ergebnis zu erzielen, muss ein festes Behandlungsschema eingehalten werden. In Würzburg hat sich ein vierphasiges Behandlungskonzept von kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Eingriffen durchgesetzt (Watted et al., 1999, 2000, 2002):

1. Präoperative Maßnahmen und orthodontische Vorbereitung
2. Kieferchirurgie zur Korrektur der skeletalen Dysgnathie
3. Orthodontie zur Feineinstellung der Okklusion
4. Retention zur Sicherung des erreichten Ergebnisses.

### **2.7.1 Präoperative Maßnahmen und orthodontische Vorbereitung**

Da Patienten mit Fehlbildungen im Mund- und Kieferbereich häufig eine von der Zentrik abweichende Kondylenposition aufweisen, muss eine funktionelle Vorbehandlung stattfinden. Die Patienten sind jedoch häufig in dieser Situation nicht vollständig adaptiert. Sie sind kompensiert oder teilweise auch dekom-pensiert (d. h. weisen präoperative Kiefergelenksbeschwerden auf). Durch das Tragen einer Aufbissschiene stellen sich die Kondylen in eine zentrische Lage ein. Erst nach Positionierung der Kondylen in der Zentrik ist das Ausmaß des Dysgnathie erkennbar (Calangna et al. 1973, Celenza 1973).

Zu Behandlungsbeginn wird eine mehr oder weniger adaptierte Kondylenposition vorgefunden. Die Position wurde vom Körper selber oder auch vom Kieferorthopäden durch Funktionskieferorthopädie eingestellt, um die skeletale Dysgnathie auszugleichen. Das erste Ziel muss sein, die Kondylen in eine adaptierte zentrische Position zurückzuführen. Dabei ist es nicht entscheidend, ob der Patient an einer kompensierten (schmerzfreien) oder an einer dekom-pensierten und regressiv adaptierten (schmerzhaften) Funktionsstörung leidet.

Nach Dahlberg et al. (1995) weisen bis zu 70% beziehungsweise 53% der Patienten präoperative Myoarthropathien und Diskusdispositionen auf. Die Adaptationskapazität eines jeden Patienten ist nicht beeinflussbar und ihre Größe nicht bekannt. Somit weiß der Behandler nicht, ob der Patient eine neue durch die Operation veränderte Kondylenposition akzeptieren oder dekompensieren wird. Es ist vorauszusetzen, dass ein Patient zunächst an einer kompensierten Funktionsstörung leidet, d. h. beschwerdefrei ist. Es wird in Folge der Operation die individuelle Adaptationskapazität überschritten. So wird der Patient postoperativ dekompensieren und Schmerzen entwickeln.

Die bisherige Theorie, dass die Ausbildung von Kiefergelenksschmerzen mit dem Ausmaß der postoperativen Verlagerung der Kondylen korreliert, wurde von Ewers und Riede (1980) und Reuther et al. (1981) bereits widerlegt. Auch die Studien von Kötz (1977) haben ergeben, dass postoperative kranio-mandibuläre Dysfunktionen nicht häufiger mit speziellen Operationsmethoden assoziiert sind. Die Interpretation, dass demnach von einer aufwendigen Positionierung abgesehen werden kann (Ellis, 1994), ist dennoch falsch, da die Adaptationskapazität nicht bekannt ist. Eine nur sehr kleine Abweichung der Kondylenposition von der Norm verlangt eine geringe Adaptation. Somit ist die Wahrscheinlichkeit geringer, dass die Adaptationskapazität überschritten wird. Dies wird durch die Diskussion von Sailer und Haers (1996) gestützt. Sie fordern, die kieferorthopädischen Operationen im Jugendalter durchzuführen, da zu dem Zeitpunkt die Adaptationskapazität am größten ist. Umstadt et al. (1994) widersprechen, da nach ihnen die Adaptationsfähigkeit ohnehin begrenzt sei. Sie sehen eher regenerative Prozesse im Vordergrund. 1998 beobachteten sie Abflachungen der Gelenkbahnen nach Vorverlagerungen. Nach de Bont et al. (1992) besteht hingegen kein Widerspruch: Im Alter rücken regressive an die Stelle von modellierenden Adaptationsprozessen. Nach Dysgnathieoperationen werden bei ca. 23% der erwachsenen Patienten deutliche Adaptationsercheinungen am Kondylus (Hoppenreijns et al. 1998) beobachtet. Bei Distraktionsosteogenesebehandlung am Unterkiefer waren bei mehr als der Hälfte der Gelenke Adaptationen am Kondylus und an der Fossa nachweisbar (Harper et al. 1997). Beobachtet wird auch eine röntgenologisch nachweisbare skeletale Remodellation, die eine veränderte Position in einem gewissen Ausmaß ausgleichen kann (Petersson und Willmar-Hogemann 1989). Eine Adaptation sollte

zwar stets angestrebt werden, es ist jedoch besser, wenn es erst gar nicht zu einer Veränderung der Kondylenposition kommt.

Die Nachuntersuchungen des Würzburger Konzeptes sprechen für eine genaue Positionierung. Am Ende der Nachuntersuchungen nach Dysgnathiechirurgie leiden weniger als 1% der Patienten an kranio-mandibulären Dysfunktionen (Barth 2001, Nesplak 2001). Nach dem Würzburger Konzept wird von Williams et al. (1977, 1978) empfohlen, drei bis vier Wochen präoperativ eine Zentrikschiene zur Ermittlung der physiologischen Position zu tragen. Diese sorgt sowohl für die „korrekte“ Kondylenposition als auch für die Adaptation der belasteten Strukturen. So wird die Frage von Ellis (1994) beantwortet, ob die ursprüngliche Kondylenposition überhaupt gehalten werden sollte, da sie unphysiologisch sei. Da sich nicht nur die Kiefergelenke vor der Behandlung der skeletalen Dysgnathie adaptiert haben, sondern es auch zu einer Adaptation der Zähne gekommen ist, müssen präoperativ die Zähne zurückgestellt werden. Die dentale Kompensation muss ausgeglichen werden.

Erst wenn die Kiefergelenke und die Zähne ihre ursprüngliche Lage eingenommen haben, ist das Ausmaß der Dysgnathie erkennbar. Zu diesem Zeitpunkt kann die Modelloperation stattfinden.

### 2.7.2 Kieferchirurgie zur Korrektur der skeletalen Dysgnathie

Damit es gelingt, postoperativ die Kondylenposition zu halten, wird nach dem Würzburger Konzept eine Modelloperation durchgeführt. Bei einer isolierten Unterkiefer-Dysgnathieoperation wird nach der Modelloperation ein Ausgangssplint und ein Zielsplint hergestellt. Das Gleiche gilt für eine isolierte Oberkieferosteotomie. Bei einer kombinierten Oberkiefer-Unterkieferosteotomie werden vier Splinte hergestellt: Registriersplint, Oberkiefer-Impaktionssplint, Unterkiefer-Autorotationssplint und Zielsplint. Mit dem Impaktionssplint wird die Impaktationstiefe des Oberkiefers aus der Modelloperation auf die intraoperative Situation übertragen. Der Autorotationssplint definiert die Autorotation der Kondylen, wobei die dreidimensionale Position der Kondylen gehalten wird (Bill 2003). Der operative Eingriff wird nach Obwegeser und Dal Pont (Dal

Pont 1959, 1961, Obwegeser 1955, 1957, 1963) durchgeführt. Für die Osteosynthese wurden früher Zugschrauben verwendet. Freihofer (1977) sowie Tunizing und Swart (1978) konnten jedoch postoperativ eine Verlagerung der Kondylen nachweisen, da nach Anziehen der Zugschrauben die Kondylen divergieren. Heute werden drei bicortikale Tandemschrauben nach Lindorf (1984, 1986) verwendet, die eine lagestabile und rotationsfreie Osteosynthese ermöglichen.

Durch die übungsstabile Osteosynthese kann auf eine intermaxilläre Verschnürrung postoperativ verzichtet werden und es kommt postoperativ zu einer geringer ausgeprägten Mundöffnungseinschränkung (Zimmer et al. 1991). Durch die Verwendung von Kondylenpositionsplatten (Michel 1990, Bill 2003) ist es möglich, die präoperativ ermittelte zentrische oder physiologische Position intraoperativ wiederherzustellen. In Übereinstimmung mit dem Modell, dass die zentrische Kondylenposition überwiegend durch die Muskeln determiniert wird, fanden Reuther et al. (1981) und Luhr et al. (1991) heraus, dass eine intraoperative Registrierung fehlerhaft ist, da durch die Narkose eine Relaxation der Muskeln eintritt.

In einer retrospektiven Analyse des Patientengutes nach Umstellungsosteotomien des Unterkiefers gab von 217 Patienten nur ein Patient Kiefergelenkschmerzen nach Entfernung des Osteosynthesematerials an (Nesplak 2001). Für die Theorie der Adaptation spricht, dass postoperativ vermehrt Kiefergelenksschmerzen auftreten (6,5%), die im weiteren Heilungsprozess verschwinden (Nesplak 2001). 92,9% der Patienten, die präoperativ Kiefergelenksschmerzen angaben, wiesen eine Angle Klasse II auf. Der Grund ist in der Länge der suprahyoidalen Strukturen zu suchen. Die Länge der suprahyoidalen Strukturen ist häufig bei Patienten mit einer Angle-Retrognathie verkürzt. Die suprahyoidale Struktur hemmt das Wachstum des Unterkiefers (Davis et al. 1981). Die verkürzte Muskulatur zieht den Unterkiefer in eine distalere, unphysiologische Position, die Kiefergelenkschmerzen verursacht. Dieser Sachverhalt begrenzt auch die operative Vorverlagerung und ist der Hauptgrund für ein skelettales Rezidiv (Ellis und Carlson 1983, Carlson et al. 1987, Ellis 1991, 1994, Watted und Bill 1999, Watted et al. 1999, 2000). Das muskelbedingte skelettales Rezidiv beträgt 13 bis 27% des Gesamtausmaßes der Vorverlagerung (Reynolds

et al. 1988, Carlson et al. 1989a, 1989b). Eine Adaptation der suprahyoidalen Struktur wird beobachtet. Es adaptieren nicht wie erwartet die Muskelfasern, sondern nur ihre Ansätze (Carlson et al. 1989a, 1989b). Aus diesen Gründen sollte präoperativ zu der routinemäßig durchgeführten manuellen Analyse bei einer Vorverlagerung stets die Länge der suprahyoidalen Struktur geprüft werden, indem man den Kopf des Patienten überstreckt. Wenn der Patient hierbei die Interkuspitationsposition verlassen muß, liegt eine Verkürzung der suprahyoidalen Struktur vor.

Dafür sitzt der Patient aufrecht auf dem Behandlungsstuhl und blickt gerade aus. Der Untersucher stützt mit einer Hand den Nacken der Patient ab. Unabhängig vom Ausmaß des individuellen Overjet soll der Patient in der Lage sein, durch aktive Protrusion des Unterkiefers eine Kopfbissstellung einzunehmen. Bei geführter, aber nicht focierter maximaler Reklination des Kopfes, die bei jungen Patienten um ca. 90° möglich ist, muss die Patientin ohne wesentliche Kraftanstrengung die Kopfbissstellung halten können. Entsteht durch diese Übung erneut ein Overjet oder ein nenativer Overbite, so ist die suprahyoidale Muskulatur verkürzt.

### 2.7.3 Orthodontie zur Feineinstellung der Okklusion

Postoperativ ist die Osteotomie übungstabil versorgt. So kann nach dem Würzburger Konzept schon früh (in der Regel am 4. postoperativen Tag) mit der okklusalen Feineinstellung begonnen werden. Durch das Einsetzen von „up and down“-Gummizügen oder Klasse-II-Gummizügen (Watted und Bill 1999, Watted et al. 2000) werden die Umbauprozesse sowohl dental, muskulär als auch im Kiefergelenk beschleunigt. Diese Phase dauert in der Regel drei Monate. Die Feineinstellung kann bei Vorverlagerungen und gleichzeitig verkürzten suprahyoidalen Strukturen durch eine Dehnung der Muskeln und ihrer Ansätze ergänzt werden. Es haben sich eine prä- und postoperative Physiotherapie als sinnvoll erwiesen.

#### 2.7.4 Retention zur Sicherung des erreichten Ergebnisses

Es sollte stets auf eine Sicherung des Operationsergebnisses geachtet werden. Die Gefahr eines Rezidives korreliert mit dem Ausmaß der Verlagerung. Es ist empfehlenswert bis zur vollständigen Adaptation der gesamten Strukturen im Mund-, Kiefer-, und Gesichtsbereich ein bimaxilläres Gerät zutragen (Watted und Bill 1999).

### **3 Zusammenfassung**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die kritische Würdigung der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit der Position des Kiefergelenks.

Neben der Darstellung der anatomischen und physiologischen Grundlagen erfolgt ein geschichtlicher Überblick zur Kondylenpositionierung und deren Definitionen.

In der Betrachtung der Bestimmung der Kondylenposition wird grundsätzlich zwischen dynamischen und statischen Untersuchungsbefunden unterschieden. Unter dynamischen Untersuchungsbefunden versteht man jegliche Registriertechniken zum Einstellen der zentrischen Kondylenposition, die manuelle und die instrumentelle Funktionsanalyse. Statische Untersuchungsbefunde entsprechen dem Einsatz bildgebender Verfahren und lassen sich in konventionelle röntgenologische bildgebende Verfahren, konventionelle Tomogramme, Computertomographie, digitale Volumen-Tomographie, Magnetresonanztomographie und Hochfrequenzarthrosonographie einteilen. Daneben wurde die Aussagekraft verschiedener Untersuchungsverfahren zur Diagnostik einer kranio-mandibulären Dysfunktion gegenübergestellt.

Es wurde die anatomische und die pathologische Kondylenposition definiert. In dem Zusammenhang konnte festgestellt werden, dass sich eine pathologische Position nur bedingt anatomisch erklären lässt. Die Frage, ob eine Position als pathologisch angesehen werden kann, richtet sich nur danach, ob der Patient in seinem alltäglichen Leben eingeschränkt ist, was unter anderem Kiefergelenksschmerzen beinhaltet. Eine Kiefergelenksposition, die anatomisch als pathologisch zu bewerten ist, der Patient jedoch schmerzfrei ist, kann als physiologisch angesehen werden. Das Gelenk hat sich an die neue Position angepasst, es ist vollständig adaptiert. Es gibt aber auch Gelenkpositionen, die röntgenologisch unauffällig sind, der Patient jedoch Schmerzen hat; diese Position wird als pathologisch eingestuft.

Folglich ist der Adaptationsgrad eines Gelenkes der ausschlaggebende Faktor, ob ein Gelenk als pathologisch oder physiologisch eingestuft werden kann.

Gesichert ist, dass die Okklusion einen Einfluss auf das Ausbilden einer kranio-omandibulären Dysfunktion hat. Wie groß dieser Einfluss ist, kann auch nach Sichten der Literatur nicht eindeutig geklärt werden.

Abschließend wird die Bedeutung der Positionierung des Gelenkes in der Traumatologie, Prothetik und der Dysgnathiechirurgie untersucht. Eine exakte Positionierung des Gelenks ist in allen Bereichen von entscheidender Bedeutung. Für diese Teilbereiche der Zahnmedizin gilt, dass eine funktionelle Vorbehandlung hilft, die Kiefergelenkszentrik einzustellen. Diese wird heute als die Position angesehen, in der das Kiefergelenk optimal adaptiert ist. Durch Vorbehandlung lassen sich im Rahmen der Dysgnathiechirurgie postoperativ auftretende Beschwerden minimieren.



## 4 Literaturverzeichnis

1. Agerberg, G., Carlsson, G. E.: Symptoms of functional disturbances of the masticatory system. A comparison of frequencies in a population sample and in a group of patients. *Acta Odontol Scand* 33: 183-190, 1975
2. Ahlers, M. O. et al.: Stellungnahme der DGZMK und der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik in der DGZMK (AGF). *Zahnärztl Mitt* 14: 36, 2003
3. Ahlqvist, J. B., Isberg, A. M.: Bone demarcation of the temporomandibular joints. Validity of clinical assessment of bone thickness by means of CT. *Acta Radiol* 39: 649-655, 1998
4. Akerman, S., Nordström, B., Hansson, T. L.: Okklusales Einschleifen und Muskelaktivität. *Phillip J* 3: 136-138, 1986
5. Alamoudi, N., Farsi, N., Salako, N. O., Feteih, R.: Temporomandibular disorders among school children. *J Clin Pediatr Dent* 22: 323-328, 1998
6. Alexander, S. R., Moore, R. N., DuBois, L. M.: Mandibular condyle position: comparison of articulator mountings and magnetic resonance imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 104: 230-239, 1993
7. Alstergren, P., Appelgren, A., Appelgren, B., Kopp, S., Lundberg, T., Theodorsson, E.: The effect on joint fluid concentration of neuropeptide Y by intra-articular injection of glucocorticoid in temporomandibular joint arthritis. *Acta Odontol Scand* 54: 1-7, 1996

8. Aquilino, S. A., Matteson, S. R., Holland, G. A., Philips, C.: Evaluation of condylar position from temporomandibular joint radiographs. J Prosthet Dent 53: 88-97, 1985
9. Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik (AFG) in der DGZMK: Nomenklaturvorschläge der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik innerhalb der DGZMK. Dtsch Zahnärztl. Z. 47, 1992, 347
10. Ateshian, G. A., Wang, H.: A theoretical solution for the frictionless rolling contact of cylindrical biphasic articular cartilage layers. J Biomech 28: 1341-1355, 1995
11. Avrahami, E., Katz, R.: An association between imaging and acute posttraumatic ear bleeding with trismus. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol 85: 244-247, 1998
12. Barth, S.: Die kombinierte Oberkiefer- und Unterkieferosteotomie zur Behandlung von skelettalen Fehlbildungen des Kiefer-Gesichtsschädels. Eine retrospektive Auswertung des Krankengutes von 1981-1995. Med Diss Würzburg, 2001
13. Bates, R. E. Jr., Gremillion, H. A., Stewart, C. M.: Degenerative joint disease. Part I: Diagnosis and management considerations. Cranio 11: 284-290, 1993
14. Bauer, A., Gutowski, A.: Positionen des Unterkiefers aus Gnathologie-Einführung in Theorie und Praxis, Quintessenz, 1978, 66-67
15. Bell, W. E.: Temporomandibular Disorders: Classification, Diagnosis, Management. 3rd ed. Year Book Medical Publishers, Chicago 1990

16. Bezuur, J. N., Hansson, T. L., Wilkinson, T. M.: The recognition of craniomandibular disorders-an evaluation of the most reliable signs and symptoms when screening for CMD. J Oral Rehabil 16: 367-372, 1989
17. Bill, J.: Die zentrische Kondylenpositionierung in der Chirurgie der Dysgnathien. Vortrag 1. Interdisziplinäres zahnärztliches Symposium. Würzburg 1999
18. Bill, J., S., Würzler, K., Reinhart, E., Böhm, H., Eulert, S., Reuther, J., F.: Die bimaxilläre Osteotomie mit und ohne Kondylenpositionierung-eine Langzeitstudie 1981-2002. Mund Kiefer Gesichtschir 7, 345-350, 2003
19. Bjornland, T., Refsum, S. B.: Histopathologic changes of the temporomandibular joint disk in patients with chronic arthritic disease. A comparison with internal derangement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 77: 572-578, 1994
20. van Blarcon, C. W.: Glossary of prothodontics, 6th ed. J Prosthet Dent 71: 43-104, 1994
21. Blaustein, D. I., Scapino, R. P.: Remodeling of the temporomandibular joint disk and posterior attachment in disk displacement specimens in relation to glycosaminoglycan content. Plast Reconstr Surg 78: 756-764, 1986
22. de Boever, J.: Experimental occlusal balancing-contact interference and muscle activity. Parodontologie 23: 59-66, 1969

23. de Boever, J., Adriaens, P. A.: Occlusal relationship in patients with pain-dysfunction symptoms in the temporomandibular joints. *J Oral Rehabil* 10: 1-7, 1983
24. de Bont, L. G., Stegenga, B., Boering, G.: Hard Tissue Pathology. A. Osteoarthritis, 258-275. In: Thomas, M., Bronstein, S. L.: *Arthroscopy of the Temporomandibular Joint*. Saunders, Philadelphia 1992
25. de Bont, L. G., van der Kuijl, B., Stegenga, B., Vencken, L. M., Boering, G.: Computed tomography in differential diagnosis of temporomandibular joint disorders. *Int J Oral Maxillofac Surg* 22: 200-209, 1993
26. Borg-Stein, J., Stein, J.: Trigger points and tender points: one and the same? Does injection treatment help? *Rheum Dis Clin N Am* 22: 305-322, 1996
27. Boucher, L. J.: Limiting factors in posterior movements of mandibular condyles. *J Prosthet Dent* 11: 25-30, 1961
28. Brand, J. W., Nielson, K. J., Tallents, R. H., Nanda, R. S., Currier, G. F., Owen, W. L.: Lateral cephalometric analysis of skeletal patterns in patients with and without internal derangement of the temporomandibular joint. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107: 121-128, 1995
29. Braun, S., Marcotte, M. R., Freudenthaler, J. W., Honigle, K.: An evaluation of condyle position in centric relation obtained by manipulation of the mandible with and without leaf gauge deprogramming. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111: 34-37, 1997

30. Brazeau, G. A., Gremillion, H. A., Widmer, C. G., Mahan, P. E., Benson, M. B., Mauderli, A. P., Riley, J. L., Smith, C. L.: The role of pharmacy in the management of patients with temporomandibular disorders and orofacial pain. *J Am Pharm Assoc (Wash)* 38: 354-461, 1998
31. Brill, N., Lammie, G. A., Osborne, J., Perry, H. T.: Mandibular positions and mandibular movements. *Br Dent J* 106: 391-400, 1959
32. Brooks, S. L., Lanzetta, M. L.: Absorbed doses from temporomandibular joint radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 59: 647-652, 1985
33. Brooks, S. L., Brand, J. W., Gibbs, S. J., Hollender, L., Lurie, A. G., Omnell, K. A., Westesson, P. L., White, S. C.: Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio Endodontal* 83: 609-618, 1997
34. Brusati, R., Raffaini, M., Sesenna, E., Bozzetti, A.: The temporalis muscle flap in temporo-mandibular joint surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 18: 352-358, 1990
35. Bumann, A., Groot Landeweer, G., Brauckmann, P.: The significance of the fissurae petrotympanica, petrosquamosa and tympanosquamosa for disk displacements in the temporomandibular joint. *Fortschr Kieferorthop* 52: 359-365, 1991
36. Bumann, A., Groot Landeweer, G.: Manuelle Untersuchungstechniken zur Differenzierung von Funktionsstörungen im Kausystem. In Hahn, W.: *Funktionslehre: aktueller Stand und praxisgerechte Umsetzung*. Hanser, München, 1993, 74-86

37. Bumann, A., Hoffmeister, B., Schwarzer, C.: Disc position in condylar fractures and importance for functional therapy (Abstract). Eur J Orthod 15: 439, 1993
38. Bumann, A., et al.: Bisher unveröffentlichte Ergebnisse
39. Bumann, A., Lotzmann, U.: Manuelle Funktionsanalyse. In: Rateitschak, K. H., Wolf, H. F. (Hrsg.): Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien, Band 12. Thieme, 2000
40. Burckhardt, R.: Optoelektronische berührungslose Kiefergelenksbewegungs- registrierung mit linearer Messwertfassung digitaler Messwertverarbeitung. Vortrag Jahrestagung der AG für Funktionsdiagnostik in der DGZMK, Bad Nauheim 1982
41. Calangna, L., Silverman, S., Garfinkel, L.: Influence of neuromuscular conditioning on centric relation registrations. J Prosthet Dent 30: 598-604, 1973
42. Callender, K. I., Brooks, S. L.: Usefulness of tempography in the evaluation of patients with temporomandibular disorders: a retrospective clinical study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol 81: 710-719, 1996
43. Carlson, D. S., Ellis, E., Dechow, P. C.: Adaptation of the suprahyoid muscle complex to mandibular advancement surgery. Am J Orthod 92: 134-143, 1987
44. Carlson, D. S., Ellis, E., Dechow, P. C.: Adaptation of the suprahyoid muscle complex to mandibular advancement surgery. Am J Orthod Dentofacial Orthop 92: 134-143, 1989a

45. Carlson, D. S., Ellis, E., Dechow, P. C., Nemeth, P. A.: Short-term stability and muscle adaptation after mandibular advancement surgery with and without suprahyoid myotomy in juvenile *Macaca mulatta*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 68: 135-149, 1989b
46. Carlsson, G. E., Lundberg, M., Oeberg, T., Welander, U.: The temporomandibular joint. A comparative anatomic and radiologic study. *Odontol Rev* 19: 171, 1968
47. Carpentier, P., Yung, J. P., Bonnet, S.: Insertion of the lateral pterygoid muscle: An anatomical study of the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg* 46: 477, 1988
48. Celenza, F. V.: The centric position. Replacement and character. *J Prosthet Dent* 30: 591-598, 1973
49. Celenza, F. V., Nasedkin, J. N.: *Okklusion. Stand der Wissenschaft*. Quintessenz, Berlin 1979
50. Chandra, P., Dave, P. K.: Temporomandibular joint ankylosis. *Prog Clin Biol Res* 187: 449-458, 1985
51. Chin, L. P., Aker, F. D., Zarrinnia, K.: The viscoelastic properties of the human temporomandibular joint disc. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 315-318, 1996
52. Choi, B. H.: Comparison of computed tomography imaging before and after functional treatment of bilateral condylar fractures in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg* 25: 30-33, 1996

53. Choi, B. H.: Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint after functional treatment of bilateral condylar fractures in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg* 26: 344-347, 1997
54. Christiansen, E. L., Thompson, J. R.: *Temporomandibular Joint Imaging*. Mosby, St. Louis 1990
55. Chuong, R.: Disk displacement with condylar fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol* 79: 404-405, 1995
56. Coffey, J. P., Mahan, P. E., Gibbs, C. H., Welsch, B. B.: A preliminary study of the effects of tooth guidance on working-side condylar movement. *J Prosthet Dent* 62: 157-162, 1989
57. Copray, J. C., Jansen, H. W., Duterloo, H. S.: Effects of compressive forces on proliferation and matrix syntheses in mandibular condylar cartilage of the rat in vitro. *Arch Oral Biol* 30: 299-304, 1985
58. Copray, J. C., Dibbets, J. M., Kantomaa, T.: The role of condylar cartilage in the development of the temporomandibular joint. *Angle Orthod* 58: 369-380, 1988
59. Cott, A., Parkinson, W., Bell, M. J., Adachi, J., Bedard, M., Cividino, A., Bensen, W.: Inter-rater reliability of the tender point criterion for fibromyalgia. *J Rheumatol* 19: 1955-1959, 1992
60. Crasilneck, H. B.: The use of of the Crasilneck Bombardment Technique in the problems of intractable organic pain. *Am J Clin Hypn* 37: 255-266, 1995.



61. Cueni, H., Graber, G.: Grenzbewegungen des Unterkiefers unter „Normalbedingungen“ und unter „experimentellem Stress“. Schweiz Mschr Zahnmed 96: 861-878, 1986
62. Dachowski, M. T., Dolan, E. A., Angelillo, J. C.: Ankylosing spondylitis associated with temporomandibular joint ankylosis: report of a case. J Craniomandib Disord 4: 52-57, 1990
63. Dahlberg, G., Petersson, A., Westesson, P.-L., Eriksson, L.: Disk displacement and temporomandibular joint symptoms in orthognathic surgery patients. Oral Surg Oral Med Oral Patho 79: 273-277, 1995
64. Dal Pont, G.: L'osteotomia retromolare per la correzione della progenia. Minerva Chir 18: 1138-1141, 1959
65. Dal Pont, G.: Die retromolare Osteotomie zur Korrektur der Progenie, der Retrogenie und des Mordex apertus. Öst Z Stoma 58: 8-10, 1961
66. Dauber, W.: Die Nachbarschaftsbeziehung des Diskus articularis des Kiefergelenks und ihre funktionelle Deutung. Schweiz Monatsschr Zahnmed 97: 427-437, 1987
67. Davant, T. S., Greene, C. S. Perry, H. T., Lautenschlager, E. P.: A quantitative computer-assisted analysis of the disc displacement in patients with internal derangement using sagittal view magnetic resonance imaging. J Oral Maxillofac Surg 51: 974-979, 1993
68. Davis, W. H., Sailer, H., Poswillo, D.: A pilot study on the effect of alteration of the suprahyoid muscles on the growth of the marmoset monkey. Int J Oral Surg 10: 292-298, 1981

69. Dawson, P. E.: Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. Mosby Co, Saint Louis 1976
70. Dawson, P. E.: New definition for relating occlusion to varying conditions of the temporomandibular joint. J Prosthet Dent 74: 619-627, 1995
71. del Balso, A. M.: Anatomy of the mandible, temporomandibular joint, and Dentition. Neuroimaging. Clin N Am 8: 157-169, 1998
72. Dibbets, J. M. H., van der Weele, L.: Kiefergelenksbeschwerden und Kieferorthopädie nach 20 Jahren. In: Benner, K. U., Fanghänel, J., Kowalewski, R. (Hrsg.) Morphologie, Funktion und Klinik des Kiefergelenks. Quintessenz, Berlin 1993
73. Dibbets, J. M., van der Weele, L. T.: Signs and symptoms of temporomandibular disorder (TMD) and craniofacial form. Am J Orthod Dentofac Orthop 110: 73-78, 1996
74. Dijkgraaf, L. C., de Bont, L. G., Boering, G., Liem, R. S.: Function, biochemistry and metabolism of the normal synovial membrane of the temporomandibular joint: a review of the literature. J Oral Maxillofac Surg 54: 95-100, 1996a
75. Dijkgraaf, L. C., de Bont, L. G., Boering, G., Liem, R. S.: Structure of the normal synovial membrane of the temporomandibular joint: a review of the literature. J Oral Maxillofac Surg 54: 332-338, 1996b
76. Dimitroulis, G.: Condylar injuries in growing patients. Aust Dent J 42: 367-371, 1997

77. Dixon, D. C., Graham, G. S., Mayhew, R. B., Oesterle, L. J., Simms, D., Pierson, W. P.: The validity of transcranial radiography in diagnosing TMJ anterior disk displacement. J Am Assoc 108: 615-618, 1984
78. Dixon, D. C.: Radiographic diagnosis of temporomandibular disorders. Semin Orthod 1: 207-221, 1995
79. Drechsler, F., Kohno, S., Kühl, W., Neuhauser, B.: Neurophysiologische Analyse der Wirkungen okklusaler Interferenzen auf Regulation und Koordination der Kaumuskulatur. Dtsch Zahnärztl Z 28: 695-704, 1973
80. Drosdowski et al.: Duden 7. Das Herkunftswörterbuch – Eine Ethymologie der deutschen Sprache. Mannheim 1963
81. Droukas, G., Lindee, C., Carlsson, G. E.: Occlusion and mandibular dysfunction: A clinical study of patients referred for functional disturbances of the masticatory system. J Prosthet Dent 53: 402-406, 1985
82. Drum, W.: Parafunktionen und Autodestruktionsprozesse. Quintessenz, Berlin 1969
83. Dvorak, J., Walchli, B.: Headache in cervical syndrome. Ther Umsch 54: 94-97, 1997
84. Dworkin, S. F., LeResche, L., DeRouen, T., von Korff, M.: Assessing clinical signs of temporomandibular disorders: reliability of clinical examiners. J Prosthet Dent 63: 574-579, 1990
85. Dworkin, S. F.: Behaviororal and educational modalities. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 83: 128-133, 1997.

86. Ellis, E., Carlson, D. S.: Stability two years after mandibular advancement with and without suprahyoid myotomy: an experimental study. *J Oral Maxillofac Surg* 41: 426-437, 1983
87. Ellis, E., Moos, K. F., el-Attar, A.: Ten years of mandibular fractures: an analysis of 2137 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 59: 120-129, 1985
88. Ellis, E., Hinton, R. J.: Histologic examination of the temporomandibular joint after mandibular advancement with and without rigid fixation: An experimental investigation in adult *Maccaca mulatta*. *J Oral Maxillofac Surg* 49: 1316, 1991
89. Ellis, E.: Condylar positioning devices for orthognathic surgery: Are they necessary? *J Oral Maxillofac Surg* 52: 536-552, 1994
90. Eriksson, L., Westesson, P. L., Macher, D., Hicks, D., Tallents, R. H.: Creation of disc displacement in human temporomandibular joint autopsy specimens. *J Oral Maxillofac Surg* 50: 869-873, 1992
91. Ernst, E., White, A. R.: Acupuncture as a treatment for temporomandibular joint dysfunction: as systematic review of randomized trials. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 125: 269-272, 1999
92. Ewers, R., Riede, U.: Funktionsanalyse des Kiefergelenkes. Eine morphometrische und biometrische Studie. *Fortschr Kiefer Gesichts Chir* 25: 11-14, 1980

93. Faerber, T. H., Ennis, R. L., Allen, G. A.: Temporomandibular joint ankylosis following mastoiditis: report of a case. *J Oral Maxillofac Surg* 48: 866-870, 1990
94. Feine, J. S., Lund, J. P.: An assessment of the efficacy of physical therapy and physical modalities for the control of chronic musculoskeletal pain. *Pain* 71: 5-23, 1997
95. Feine, J. S., Widmer, C. G., Lund, J. P.: Physical therapy: a critique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol* 83: 123-127, 1997
96. Fernandez Sanroman, J., Gomez Gonzalez, J. M., del Hoyo, J. A.: Relationship between condylar position, dentofacial deformity and temporomandibular joint dysfunction: an MRI and CT prospective study. *J Craniomaxillofac Surg* 26: 35-42, 1998
97. Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani, A. Jr, Serrao, G., Tartaglia, G.: Open-close movements in the human temporomandibular joint: does a pure rotation around the intercondylar hinge axis exist? *J Oral Rehabil* 23: 401-408, 1996
98. Flygare, L., Rohlin, M., Akerman, S.: Macroscopic and microscopic findings of areas with radiologic erosions in human temporomandibular joints. *Acta Odontol Scand* 50: 91-100, 1992
99. Flygare, L., Wendel, M., Saxne, T., Ericson, S., Eriksson, L., Petersson, A., Rohlin, M.: Cartilage matrix macromolecular in lavage fluid of temporomandibular joints before and 6month after diskectomy. *Eur J Oral Sci* 105: 369-327, 1997

100. Freesmeyer, W. B.: Funktionelle Befunde im orofazialen System und deren Wechselwirkung. Hanser, München 1987
101. Freesmeyer, W. B., Stehle, C. M.: Zur Biomechanik der Kiefergelenkbewegung. Dtsch Zahnärztl Z 43: 199-208, 1988
102. Freesmeyer, W. B.: Zahnärztliche Funktionstherapie. Hanser, München 1993
103. Freihofer, H. P.: Modellversuch zur Lageveränderung des Kiefergelenkköpfchens nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 87: 12-22, 1977
104. Friedland, B.: Clinical radiological issues in orthodontic practice. Semin Orthod 4: 64-78, 1998
105. Gay, T., Bertolami, C. N., Donoff, R. B., Keith, D. A., Kelly, J. P.: The acoustic characteristics of the normal and abnormal temporomandibular joint. J. Oral Maxillofac Surg 45: 397-407, 1987
106. Geering, A. H.: Occlusal interferences and functional disturbances of the masticatory system. J Clin Periodontol 1: 112-119, 1974
107. Geering, A. H.: Beurteilung und Interpretation von Kiefergelenkröntgenbildern. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 85: 385-390, 1975
108. Geering, A. H.: Das Kiefergelenk im zahnärztlich-prothetischen Fall. Eine anatomisch-radiographische Untersuchung. Karger, Basel 1978
109. Gerber, A.: Logik und Mystik der Kiefergelenkbeschwerden I. Teil. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 74: 687-697, 1964a

110. Gerber, A.: Logik und Mystik der Kiefergelenkbeschwerden II. Teil.  
Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 74: 879-885, 1964b
111. Gerber, A.: Kiefergelenk und Zahnokklusion. Dtsch Zahnärztl Z 26: 119-  
141, 1971
112. Gerber: 1986 steht in Gerber, A.: Okklusion, Kaudynamik und  
Kiefergelenk in der europäischen Forschung und Prothetik. Aus  
Europäischen Prothetik (Hrsg.: Schön, F. Singer F.) Quintessenz, 1978
113. Gernet, W.: Funktionsanalysen im stomatognathen System. Vergleichende  
Untersuchungen. Hanser, München 1982
114. Gillings, B. R.: Photoelectric mandibulography, a technique for studying  
jaw movement. J Prosthet Dent 17: 109-118, 1967
115. Gosen, A. J.: Mandibular leverage and occlusion. J Prosthet Dent 31: 369-  
372, 1974
116. Graber, G.: der Einfluss von Psyche und Stress bei dysfunktionsbedingten  
Erkrankungen des stomtognathen Systems; in: Funktionsstörungen  
des Kauorgans; hrsg. V. Hupfauf L, Urban und Schwarzberg,  
München 1989
117. Graf, H.: Bruxism. Dent Clin N Am 13: 659-665, 1969
118. Graham, M. M., Buxbaum, J., Staling, I. M.: A study of occlusal  
relationships and the incidence of myofacial pain. J Prosthet Dent 47:  
549-555, 1982

119. Grassi, C., Deriu, F., Passatore, M.: Effect of sympathetic nervous system activation on the tonic vibration reflex in rabbit jaw closing muscles. J Physiol (Lond) 469: 601-613, 1993
120. Gray, R. J., Davies, S. J., Quayle, A. A.: A clinical approach to temporomandibular disorders. 3. Examination of the articulatory system: the muscles. Br Dent J 177: 25-28, 1994
121. Greenan, R. W.: Panoramics for the temporomandibular joint? Funct Orthod 14: 26-28, 1997
122. Griffin, C. J., Harris, R.: Innervation of the temporomandibular joint. Aust Den J 20: 78-85, 1975
123. Griffin, C. J., Hawthron, R., Harris, R.: Anatomy and histology of the human temporomandibular joint. Monogr Oral Sci 4: 1-26, 1975
124. Groot Landeweer, G.: Persönliche Mitteilung 2003
125. Groot Landeweer, G., Bumann, A.: Die funktionelle Betrachtung des Kausystems als Grundlage der Manuellen Funktionsanalyse. I. Theoretische Ausführung zur Basisuntersuchung. Z Stomatol 88: 473-483, 1991
126. Groot Landeweer, G., Reusch, D.: persönliche Mitteilungen 2003
127. Grundemar, L., Hakanson, R.: Multiple neuropeptide Y receptors are involved in cardiovascular regulation. Peripheral and central mechanisms. Gen Pharmacol 24: 785-796, 1993
128. Gysi, A.: Artikulation . Sonderdruck aus: Handbuch der Zahnheikunde, 3. Band (Hrsg.: Bruhn, Chr.), Verlag J. Bergmann, 1926, 167



129. Hachem, A. N., Hierl, T., Schmidt, S., Hemprich, A.: Comparison of miniplate and lag screw osteosynthesis in treatment of collum fractures. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 41: 131-133, 1996
130. Haddad, A. W., Metha, N. R., Glickman, I., Roeber, F. W.: Effects of occlusal adjustment on tooth contacts during mastication. *J Periodontol* 45: 714-724, 1974
131. Hansson, T., Öberg, T.: Arthrosis and deviation in form in the temporomandibular joint. A macroscopic study on a human autopsy material. *Acta Odontol Scand* 35: 167-174, 1977
132. Hansson, T., Solberg, W. K., Penn, M. K., Öberg, T.: Anatomic study of the TMJs of young adults. A pilot investigation. *J Prosthet Dent* 41: 556-560, 1979
133. Hansson, T.: AGF in der DGZMK. Bad Homburg 2000
134. Hardison, J. D., Okeson, J. P.: Comparison of three clinical techniques for evaluating joint sounds. *Cranio* 8: 307-311, 1990
135. Harper, R.P., Bell, W. H., Hinton, R. J., Browne, R., Cherkashin, A. M., Samchukov, M. L.: Reactive changes in the temporomandibular joint after mandibular midline osteodistraction. *Br J Oral Maxillofac Surg* 35(1): 20-5, 1997
136. Hassfeld, S., Ziegler, C. M., Woertche, R., Brief, J.: Clinical indication for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 31: 126-130, 2002

137. Haskin, C. L., Milam, S. B., Cameron, I. L.: Pathogenesis of degenerative joint disease in the human temporomandibular joint. *Crit Rev Oral Biol Med* 6: 248-277, 1995
138. Heffez, D. S.: Operative confirmation of three-dimensional computed tomographic and magnetic resonance imaging of cerebrovascular pathology. *J Imag Guided Surg* 1: 179-190, 1995
139. Heggie, A. A.: Concepts in the management of temporomandibular ankylosis. *Ann R Australas Coll Dent Surg* 13: 132-135, 1996
140. Helkimo, M.: Epidemiological survey of dysfunction of the masticatory system. *Oral Sci Rev* 7: 54, 1976
141. Helms, H. A., Kaplan, P.: Diagnostic imaging of the temporomandibular joint: recommendations for use of the various techniques. *Am J Roentgenol* 154: 319-322, 1990
142. Hiniker, J. J., Ramfjord, S. P.: Anterior displacements of the mandible in adult Rhesus monkeys. *J Prosthet Dent* 16: 503-512, 1966
143. Hinton, R. J., Carlson, D. S.: Effect of Function on Growth and Remodeling of the Temporomandibular Joint, 95-110. In: McNeill, C.: *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago 1997
144. Hirsch, E.: Complex Motions Coputer Assisted Tomography (CommCAT). *ZMK* 7-8: 478-482, 2000
145. Hönig, J.F., Merten, H. A., Korth, O. E., Halling, F.: Coronoid process enlargement. *Dentomaxillofac Radiol* 23: 108-110, 1994

146. Hollender, L.: Imaging the temporomandibular joint: the value of the conventional radiography stadard views and tomograms, 25-40. In: The Worthington, P., Evans, J. R.: Controversies in oral and maxilliofacial surgery. Saunders, Philadelphia 1994
147. Hoppenreijns, T. J., Freihofer, H. P., Stoelinga, P. J., Tuinzing, D. B., van't Hof, M. A.: Condylar remodelling and resortion after Le Fort I and bimaxillary osteotomies in patient with anterior open bite. A clinical and radiological study. Int J. Oral Maxillofac Surg 27: 81-91, 1998
148. Houbé, M.: Die Zentrik des Kiefegelenkes – eine kernspintomographische Untersuchung, Dissertation Würzburg, 2000
149. Hromotka, A.: Die Schluckbissnahme. Zahnärztl Welt 60: 134-135, 1959
150. Huggare, J., Houghton, P.: Assosiations between atlantoaxial and craniomandibular anatomy. Growth Dev Aging 60: 21-30, 1996
151. Ingervall, B., Carlsson, G. E.: Masticatory muscle activity before and after elimination of balancing side occlusal interference. J Oral Rehabil 9: 183-192, 1982
152. Ingervall, B., Ridell, A., Thilander, B.: Changes in activity of the temporal, masseter and lip muscles after surgical correction of mandibular prognathism. Int J Oral Surg 8: 290-295, 1979
153. Ingervall, B., Lindahl, L.: Masticatory muscle function in patients treated for condylar fractures of the mandible. Int J Oral Surg 9: 359-364, 1980
154. Israel, H. A., Syrop, S. B.: The important role of motion in the rehabilitation of patients with mandibular hypomobility: a review of the literature. Cranio 15: 74-83,

155. Jacobson, H. G., Poppet, M. H., Sheppard, I. M. Zaine, C.: Dynamics of occlusion. J.Amer. Dent, Ass. 58. 1959, 77
156. Jäger, K., Schneider, M.: Wie beeinflussen Okklusionsstörungen und Stress die kybernetische Kaukraftsteuerung. Schweiz Mschr Zahnmed 102: 536-540, 1992
157. Jankeson, B., Swain, C. W.: Physiological aspects of the masticatory muscle stimulation: The myomonitor. Quint Intern 3: 57-62, 1972
158. Jankelson, B., Radke, J. C.: The Myomonitor: Its use and abuse (I). Quint Intern 9: 2, 47-52, 1978a
159. Jankelson, B., Radke, J. C.: The Myomonitor: Its use and abuse (I). Quint Intern 9: 3, 35-39b, 1978b
160. Jensen, R., Rasmussen, B. K.: Muscular disorders in tension-type headache. Cephalalgia 16: 97-103, 1996
161. Jüde, H. D., Fukushima, S., Drechsler, F., Neuhauser, B.: Elektromyographische Untersuchungen an der Kaumuskulatur nach Präparation endständiger Molaren als Brückenpfeiler. Dtsch Zahnärztl Z 32: 711-714, 1977
162. Kahl, B., Fischbach, R., Gerlach, K. L.: Temporomandibular joint morphology in children after treatment of condylar fractures with functional appliance therapy: a follow-up study us computed tomography. Dentomaxilliofac Radiol 24: 37-45, 1995
163. Kahl-Nieke, B., Fischbach, H., Schwarze, C. W.: Post-retention crowding and incisor irregularity: al long-term follow-up evalutation of stability and relapse. Br J Orthod 22: 249-257, 1995

164. Kaminishi, R. M., Davies, C. L.: Temporomandibular joint arthroscopic observations of superior space adhesions. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am*: 103-109, 1989
165. Kampe, T., Hannerz, H., Ström, P.: Prevalence of symptoms of functional disturbances of the masticatory system in men. *Acta Odont Scand* 41: 1-9, 1980
166. Kantomaa, T., Hall, B. K.: On the importance of cAMP and Ca<sup>++</sup> in mandibular condylar growth and adaptation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 99: 418-426, 1991
167. Karaharju-Suvanto, T., Peltonen, J., Laitinen, O., Kahri, A.: The effect of gradual distraction of the mandible on the sheep temporomandibular joint. *Int J Oral Maxillofac Surg* 25: 152-156, 1996
168. Karras, S. C., Wolford, L. M., Cottrell, D. A.: Concurrent osteochondroma of the mandibular condyle and ipsilateral cranial base resulting in temporomandibular joint ankylosis: report of a case and review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 640-646, 1996
169. Katzberg, R. W., Dolwick, M. F., Helms, C.A., Hopens, T., Bales, D. J., Coggs, G. C.: Arthrotomography of the temporomandibular joint. *Am J Roentgenol* 134: 995-1003, 1980
170. Katzberg, R. W., Keith, D. A., Guralnick, W. C., Mazione, J. V. Jr., Ten Eick, W. R. (1983a): Internal degeneration and arthritis of the temporomandibular joint. *Radiology* 146: 107-112

171. Katzberg, R. W., Keith, D. A., Ten Eick, W. R., Guralnick, W. C. (1983b):  
Internal derangements of the Temporomandibular joint: an assessment  
of condylar position in centric occlusion. J Prosthet Dent 49: 250-254,  
1983b
172. Katzberg, R. W., Westesson, P.-L.: Diagnosis of the temporomandibular  
joint. Saunders, Philadelphia 1993
173. Katzberg, R. W., Westesson, P. L., Tallents, R. H., Drake, C. M.: Anatomic  
disorders of the temporomandibular joint disc in asymptomatic  
subject.  
J Oral Maxillfac Surg 54: 147-153, 1996a
174. Katzberg, R. W., Westesson, P. L., Tallents, R. H., Drake, C. M.:  
Orthodontics and temporomandibular joint internal derangement. Am  
J Orthod Dentofacial Orthop 109: 515-520, 1996b
175. Kawamata, A., Fujishita, M., Nagahara, K., Kanematu, N., Niwa, K.,  
Langlais, R. P.: Three-dimensional computed tomography evaluation  
of postsurgical condylar displacement after mandibular osteotomy.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol 85: 371-376,  
1998
176. Kermer, C., Lindner, A., Friede, I., Wagner, A., Millesi, W.: Preoperative  
stereolithographic model planning for primary reconstruction in  
cranio-maxillofacial trauma surgery. J Craniomaxillofac Surg 26: 136-  
139, 1998
177. Kermer, C., Undt, G., Rasse, M.: Surgical reduction and fixation of  
intracapsular condylar fractures. A follow-up study. Int J Oral  
Maxillofac Surg 27: 191-194, 1998

178. Khanna, N. N., Sinha, J. K., Tripathi, F. M., Srivastava, A. B., Khanna, S.: Temporomandibular ankylosis. Ann Acad Med Singapore 10: 175-197, 1981
179. Kircos, L. T., Ortendahl, D. A., Mark, A. S., Arakawa, M.: Magnetic resonance imaging of the TMJ disc in asymptomatic volunteers. J Oral Maxillofac Surg 45: 852-854, 1987
180. Kirveskari, P., Alanen, P.: Association between tooth loss and TMJ dysfunction. J Oral Rehabil 12: 194, 1985
181. Klett, R.: Projektionsbedingte Messfehler bei axialer Pantographie. Dtsch Zahnärztl Z 38: 991-998, 1982
182. Kluemper, G. T., Vig, P. S., Vig, K. W.: Nasorespiratory characteristics and craniofacial morphology. Eur J Orthod 17: 491-495, 1995
183. Kobes, L. W. R.: Äquilibrierungsmaßnahmen in der Prothetik. Dtsch Zahnärztl Z 28: 102-117, 1969
184. Kobes, L. W. R.: Die Behandlung des Tiefbisses mit den Mitteln der Gnathologie. Dtsch Zahnärztl Z 27: 566-573, 1972
185. Kobes, L. W. R.: Kybernetische Aspekte in der Zahnheilkunde. Dtsch Zahnärztl Z 32: 240-244, 1977
186. Kobes, L. W. R., Lotzman U., Nadalini, A., Heckrodt S.: Centric relation and reflectoric positions of the lower jaw. Vortrag bei der 17. Jahrestagung der European Postodontic Association, Mailand 1993

187. Könönen, M., Waltimo, A., Nystrom, M.: Does clicking in adolescence lead to painful temporomandibular joint locking? Lancet 347: 1080-1081, 1996
188. Körber, K. H.: Elektronische Registrierung der Unterkieferbewegung im normalen und okklusingsgestörten Gebiß. Dtsch Zahnärztl Z 26: 167-176, 1971
189. Kötzt, H. J.: Ergebnisse der Progenieoperationen an der Kieferchirurgischen Klinik Mainz in der Zeit von 1969 bis 1974 unter besonderer Berücksichtigung ihrer Auswirkung auf die Kiefergelenke. Med Diss Mainz 1977
190. Kolk, A., Neff, A., Schieferstein, H., Sader, R., Horch, H. H.: Metrischer Vergleich der kondylären Bewegung in Kernspintomographie, Ultraschall und Achsiographie, München, TU, Klinik u. Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, AGF Bad Homburg 24./25.11.2000
191. Kopp, S.: Topographical distribution of sulfated glycosaminoglycans in the surface layers of the human temporomandibular joint. A histochemical study of an autopsy material. J Oral Pathol 7: 283-294, 1978
192. Kopp, S., Akerman, S., Nilner, M.: Short-term effects of intra-articular sodium hyaluronate, glucocorticoid, and saline injections on rheumatoid arthritis of the temporomandibular joint. J Craniomandib Disord 5: 231-238, 1991
193. Kordaß, B.: The temporomandibular joint in video motion – noninvasive image techniques to present the functional anatomy. Ann Anat 181: 33-36, 1999



194. Koriath, T. W., Hannam, A. G.: Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. J Dent Res 73: 56-66, 1994a
195. Koriath, T. W., Hannam, A. G.: Mandibular forces during simulated tooth clenching. J Orofac Pain 8: 178-189, 1994b
196. Kraus, S. L.: Physical therapy management of TMD. Temporomandib Disord 2: 161-215, 1994
197. Kubein, D., Krüger, W., Jähnig, A.: Vergleichende Pantographie am Patienten unter individuell- und idealisiert-okklusaler Führung. Zahnärztl W 88: 109-115, 1979a
198. Kubein, D., Stachniss, V., Krüger, W.: Zur Frage der physiologischen Kondylenpositionierung. Zahnärztl W 88: 422-429, 1979b
199. Kubein, D., Jähnig, A.: Zur Biomechanik des menschlichen Kiefergelenkes (eine Studie an den Funktionsstrukturen des os temporale in der Sagittal-Vertikal-Ebene). Dtsch Zahnärztl Z 38: 32-39, 1983
200. Kubein-Meesenburg, D.: Die kraniale Grenzfunktion des stomatognathen Systems des Menschen. Hanser Verlag, München 1985
201. van der Kuijl, B., de Bont, L. G., Stegenga, B., Boering, G.: Histologic evaluation of computed tomographic TMJ articular disc visualization. Cranio 12: 100-109, 1994
202. Kundert, M.: Zum Aussagewert des Kiefergelenkröntgenbildes nach Schüller für die gelenkbezogene Okklusionsdiagnostik. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 86: 393-412, 1976

203. Lagerstrom, C., Nordgren, B.: On the reliability and usefulness of methods for grip strenght measurement. Scand J Rehabil Med 30: 113-119, 1998
204. Larheim, T. A., Johannessen, S., Tveito, L.: Abnormalities of the temporomandibular joint in adults with reumatic disease. A comparison of panoramic transcranial and trans pharyngeal radiography with tomography, Dentomaxillofac Radiol 17: 109-113, 1988
205. Larheim, T. A.: Current trends in temporomandibular joint imaging. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol 80: 555- 576, 1995
206. Lauffs, H. J., Ewers, R.: Schräglateral-transkranielle Kiefergelenkaufnahmen im Vergleich mit ihrem histologischen Korrelat. Dtsch Zahnärztl Z 43: 792-796, 1988
207. Lauritzen: 1964 steht in: Stallart, H., Stuart, Ch. E.: Why an Axis? J South Calif. St. Dent. 32 1964, 204
208. Leggin, B. G., Neuman, R. M., Iannotti, J. P., Williams, G. R., Thompson, E. C.: Intrarater and interrater reliability of three isometric dynamometers in assessing shoulder strength. J Shoulder Elbow Surg 5: 18-24, 1996
209. Leighty, S. M., Spach, D. H., Myall, R. W., Burns, J. L.: Septic arthritis of the temporomandibular joint: review of the literature and report of two cases in children. Int J Oral Maxillofac Surg 22: 292-297, 1993
210. LeResche, L.: Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. Crit Rev Oral Biol Med 8: 291-305, 1997

211. Linde, C., Isacsson, G.: Clinical signs in patients with disk displacement versus patients with myogenic craniomandibular disorders. J Craniomandib Disord 4: 197-204, 1990
212. Lindorf, H. H.: Funktionsstabile Tandem-Verschraubung der sagittalen Ramusosteotomie-Operationstechnik, neue Instrumente und Erfahrungen. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 8: 367-373, 1984
213. Lindorf, H. H.: Sagittal ramus osteotomy with tandem screw fixation – Technique and results. J Maxillofac Surg 14: 311-316, 1986
214. Lippert, H. : Lehrbuch Anatomie. Urban & Fischer, München, 1996
215. Long, J. H.: Locating centric relation with a leaf gauge. J Prosthet Dent 23: 11-24, 1970
216. Lotzmann, U., Steinberg, M.: Klinische Anwendung der Kistler-Meßplattform zur computergestützten Posturographie im Rahmen einer funktionsgestörten Vergleichsstudie. Zahnärztl Welt 102: 535-545, 1993
217. Lotzmann, U.: Studien zum Einfluß der okklusalen Prä-Therapie auf die zentrische Kieferrelation. Quintessenz, Berlin 1999
218. Lous, I.: The need-demand problem in patients with oro-mandibular functional disorders. J Oral Rehabil 4: 51-54, 1977
219. Lubert, H. U., Bobst, P.: Wall architecture and disc attachment of the human temporomandibular joint. Schweiz Monatsschr Zahnmed 101: 557-570, 1991

220. Ludlow, J. B., Davies, K. L., Tyndall, D. A.: Temporomandibular joint imaging: a comparative study of diagnostic accuracy for the detection of bone change with biplaner multidirectional tomography and panoramic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol* 80: 735-743, 1995
221. Lückerrath, W., Helfgen, E. H.: Studies on the transversal movement capacity of the TMJ. *Dtsch Zahnärztl Z* 46: 197-200, 1991
222. Luhr, H. G., Kubein-Meesenburg, D., Schweska-Polly, R.: Bedeutung und Technik der Kiefergelenkpositionierung bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers. *Fortschr Kieferorthop* 52: 66-72, 1991
223. Lundberg, J. M., Franco-Cereceda, A., Hemsén, A., Lacroix, J. S., Pernow, J.: Pharmacology of noradrenaline and neuropeptide tyrosine (NPY)-mediated sympathetic cotransmission. *Fund Clin Pharmacol* 4: 391, 1990
224. Lundh, H., Westesson, P. L., Kopp, S.: A three-year follow-up of patients with reciprocal temporomandibular joint clicking. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 63: 530-533, 1987
225. MacAfee, K. A., Quinn, P. D.: Total temporomandibular joint reconstruction with a Delrin titanium implant. *J Craniofac Surg* 3: 160-169, 1992
226. MacLennan, W. D.: Fractures of the mandibular condylar process. *Br J Oral Surg* 7: 31-39, 1969

227. Maeda, M., Itou, S., Ishii, Y., Yamamoto, K., Kawamura, Y., Matsuda, T., Hayashi, N.: Temporomandibular joint movement. Evaluation of protrusive splint therapy with GRASS MR imaging. *Acta Radiol* 33: 410-413, 1992
228. Major, P. W., Nebbe, B.: Use and effectiveness of splint appliance therapy: review of literature. *Cranio* 15: 159-166, 1997
229. Malebra, J. L., Adam, M. L., Harris, B. A., Krebs, D. E.: Reliability of dynamic and isometric testing of shoulder external and internal rotators. *J Orthop Sports Phys Ther* 18: 543-552, 1993
230. Manns-Freese, A., Schulte, W.: Eckzahnschliffflächen, Eckzahnführung und ihr Einfluß auf die Unterkieferelevatoren. *Dtsch Zahnärztl Z* 43: 971-980, 1988
231. Manzione, J. V., Katzberg, R. W., Brodsky, G. L., Seltzer, S. E., Mellins, H. Z.: Internal derangement of the temporomandibular joint: diagnosis by direct sagittal computed tomography. *Radiology* 150: 111-115, 1984
232. Maroudas, A.: Physical chemistry and the structure of cartilage. *J Physiol Lond* 223: 21-22, 1972
233. McAdam, D. B.: Dental filling therapy as a possible etiological factor regarding mandibular dysfunction. *J Prosthet Dent* 35: 283-290, 1976
234. McCollum, B. B.: , Stuart, C. E.: The mandibular hinge axis and method of locating it. *J. Posth. Dent.* 10, 1960, 428
235. McCollum, B. B., Stuart, C. E.: *Gnathology. A research report.* Scientific press, South Pasadena, 1955

- 236. McDonald, F.: The condylar disk as a controlling factor in the form of the condylar head. *J Craniomandib Disord* 3: 83-86, 1989
- 237. McLachlan, E. M., Jänig, W., Devor, M., Michaelis, M.: Peripheral nerve injury triggers noradrenergic sprouting within dorsal root ganglia. *Nature* 363: 543-546, 1993
- 238. Mejersjö, C., Hollender, L.: TMJ pain and dysfunction: relation between clinical and radiographic findings in the short and long-term. *Scand J Dent Res* 92: 241-248, 1984
- 239. Meyer, G., dal Ri, H.: Dreidimensionale elektronische Messung der Bewegungen des Kondylus über die Scharnierachse des Unterkiefers. *Dtsch Zahnärztl Z* 40: 881-866, 1985
- 240. Meyer, G.: Die physiologische Zentrik im Rahmen der instrumentellen Okklusionsdiagnostik. In: *Funktionslehre. Aktueller Stand und praxisgerechte Umsetzung*. Hanser, München 1993
- 241. Michel, C.: Zur Problematik der Gelenkpositionierung in der orthopädischen Chirurgie des Kiefer-Gesichtsschädels. *Med Habilitationsschrift*, Würzburg 1990
- 242. Moffet, B.: Histologic aspects of temporomandibular joint derangements. In: *Moffet, B. C.: Diagnosis of internal derangements of the temporomandibular joint*. University of Washington, Seattle 1984, 47-49
- 243. Moffet, B. C., Johnson, L. C., McCabe, J. B., Askew, H. C.: Articular remodeling in the adult human temporomandibular joint. *Am J Anat* 115: 119-142, 1964

244. Mohlin, C., Carlsson, G. E., Frilling, B., Hedegard, B.: Frequency of symptoms of mandibular dysfunction in young Swedish men. *J Oral Rehabil* 3: 9-18, 1976
245. Mohlin, C., Kopp, S.: A clinical study on the relationship between malocclusion, occlusal interferences and mandibular pain and dysfunction. *Swed Dent J* 2: 105-112, 1978
246. Moller, E.: The myogenic factor in headache and facial pain. In: Kawamura, Y., Dubner, R. (eds.) *Oral-facial sensory and motor functions*. Quintessence, Tokyo 1981
247. Mongini, F.: Remodelling of the mandibular condyle in the adult and its relationship to the condition of dental arches. *Acta Anat* 82: 437-442, 1972
248. Mongini, F.: Anatomic and clinical evaluation of the relationship between the temporomandibular joint and occlusion. *J Prosthet Dent* 38: 539-551, 1977
249. Moses, J. J., Lee, J., Arredondo, A.: Arthroscopic laser debridement of temporomandibular joint fibrous and bony ankylosis: case report. *J Oral Maxillofac Surg* 56: 1104-1106, 1998
250. Motsch, A.: *Funktionsorientierte Einschleiftechnik für das natürliche Gebiß*. Hanser, München 1978
251. Mow, V. C., Ratcliffe, A., Poole, A. R.: Cartilage and diarthrodial joints as paradigms for hierarchical materials and structures. *Biomaterials* 13: 67-97, 1992

252. Mow, V. C., Ateshian, G. A., Spilker, R. L.: Biomechanics of diarthrodial joints: a review of twenty years of progress. J Biomech Eng 115: 460-467, 1993
253. Mühlmann, H. R. et al.: Kompendium Fortbildungskurs in Parodontologie, vortgeschrittene, St. Moritz, 1966/67
254. Müller, H.: Ckeckliste der Zahnmedizin Parodontologie. Thieme, Stuttgart 2001
255. Müller, M.: Grundlagen und Aufbau des Artikulationsproblems im natürlichen und künstlichen Gebiß. Klinkhard, Leipzig 1925
256. Müller-Leisse, C., Augthun, M., Bauer, W., Roth, A., Gunther, R. W.: Temporomandibular joint morphology and morphometric findings in relation to degree of disk displacement. Comparative magnetic resonance tomography studies. Radiol 37: 152-158, 1997
257. Muhl, Z. F., Sadowsky, C., Sakols, E. I.: Timing of temporomandibular joint sounds in orthodontic patients. J Dent Res 66: 1389-1392, 1987
258. Muir, H.: Heberden Oration, 1976. Molecular approach to the understanding of osteoarthritis. Ann Rheum Dis 36: 199-208, 1977
259. Muir, C. B., Goss, A. N.: The radiologic morphology of asymptomatic temporomandibular joints. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 70: 349-354, 1990a
260. Muir, C. B., Goss, A. N.: The radiologic morphology of painful temporomandibular joints. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 70: 355-359, 1990b



261. Murakami, K. I., Shibata, T., Kubota, E., Maeda, H.: Intra-articular levels of prostaglandin E2, hyaluronic acid, and chondroitin-4 and -6 sulfates in the temporomandibular joint synovia fluid of patients with internal derangement J Oral Maxillofac Surg 56: 199-203, 1998
262. Nebbe, B., Major, P. W., Prasad, N. G., Grace, M., Kamelchuk, L. S.: TMJ internal derangement and adolescent craniofacial morphology: A pilot study. Angle Orthod 67: 407-414, 1997
263. Nesplak, E.: Umstellungsosteotomien des Unterkiefers. Eine retrospektive Analyse des Patientengutes von 1981-1995 an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie an der Universität Würzburg. Med Diss Würzburg 2001
264. Nickel, J. C., McLachlan, K. R.: An analysis of surface congruity in the growing human temporomandibular joint. Arch Oral Biol 39: 315-331, 1994
265. Nickel, J. C., Iwasaki, L. R., McLachlan, K. R.: Effect of the physical environment on growth of the temporomandibular joint, 115-124. In: McNeill, C.: Science and Practice of Occlusion. Quintessence, Chicago 1997
266. Nilges, P.: Weiterführende Anamnese aus psychologischer Sicht, 99-103. In Siebert, G. K.: Atlas der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik, 3. Aufl. Hanser, München 1996
267. Nilner, M., Petersson, A.: Clinical and radiological findings related to treatment outcome in patients with temporomandibular disorders. Dentomaxillofac Radiol 24: 128-131, 1995

268. Oakley, M. E., McCreary, C. P., Clark, G. T., Holston, S., Glover, D., Kashima, K.: A cognitive-behavioral approach to temporomandibular dysfunction treatment failures: a controlled comparison. *J Orofac Pain* 8: 397-401, 1994
269. Obwegeser, H., Trauner, R.: Zur Operationstechnik bei der Progenie und anderen Unterkieferanomalien. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilk* 23: 1-26, 1955
270. Obwegeser, H.: The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. *J Oral Surg* 10: 677-689, 1957
271. Obwegeser, H.: The indication for surgical correction of mandibular deformity by sagittal splitting technique. *Br J Surg* 1: 157-168, 1963
272. Oezmen, Y., Mischkowski, R. A., Lenzen, J., Fischbach, R.: MIR examination of the TMJ and functional results after conservative and surgical treatment of mandibular condyle fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 27: 33-37, 1998
273. Okeson, J. P.: Long-term treatment of disk-interference disorders of the temporomandibular joint with anterior repositioning occlusal splints. *J Prosthet Dent* 60: 611-616, 1988
274. Okeson, J. P.: Management of temporomandibular disorders and occlusion. 4<sup>th</sup> ed. Mosby, St Louis 1998
275. Omura, S., Aoki, S., Fujita, K.: Surgical management of bilateral complete bony ankylosis of the temporomandibular joint: A case report. *Br J Oral Maxillofac Surg* 35: 297-299, 1997

276. Ong, T. K., Franklin: A clinical and histopathological study of osteoarthritis of the temporomandibular joint. Br. J Oral Maxillofac Surg 34: 186-192, 1996
277. Osborn, J. W.: The disc of the human temporomandibular joint: design, function and failure. J Oral Rehabil 12: 279-293, 1985
278. Oster, C., Katzberg, R. W., Tallents, R. H., Morris, T. W., Bartholomew, J., Miller, T. L., Hayakawa, K.: Characterization of temporomandibular joint sounds. A preliminary investigation with arthrographic correlation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 58: 10-16, 1984
279. Paesani, D., Westesson, P.L., Hatala, M. P., Tallents, R. H., Brooks, S. L.: Accuracy of clinical diagnosis for TMJ internal derangement and arthrosis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 73: 360-363, 1992
280. Parsons, M. T., Boucher, L. J.: The bilaminar zone of the meniscus. J Dent Res 45: 59-61, 1966
281. Pasler, F. A.: Radiologie. In: Rateitschak, K. H., Wolf, H. F. (Hrsg.) Farbatlant der Zahnmedizin, Bd. 5. Thieme, Stuttgart 1991
282. Paulsen, H. U., Karle, A., Bakke, M., Herskind, A.: CT-scanning and radiographic analysis of mandibular joints and cephalometric analysis in a case of Herbst treatment in late puberty. Eur J Orthod 17: 165-175, 1995

283. Paz, M. E., Carter, L. C., Westersson, P. L., Katzberg, R. W., Tallents, R., Subtelny, J. D., Goldin, B.: CT density of the TMJ disk: correlation with histologic observation of hyalinization, metaplastic cartilage, and calcification in autopsy specimens. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 98: 354-357, 1990
284. Pereira, F. J. Jr., Lundh, H., Westersson, P. L., Carisson, L. E.: Clinical findings related to morphologic changes in TMJ autopsy specimens. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 78: 288-295, 1994
285. Petersson, A., Willmar-Hogemann, K.: Radiographic changes of the temporomandibular joint after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami. *Int J Oral Maxillofac Surg* 18: 27-31, 1989
286. Pickard, J., Ingham, E., Egan, J., Fisher, J.: Investigation into the effect of proteoglycan molecules on the tribological properties of cartilage joint tissues. *Proc Inst Mech Eng [H.]* 212: 177-182, 1998
287. Pinto, O. F.: A new structure and function of the mandibular joint. *J Prosthet Dent* 12: 95-103, 1962
288. Pirttiniemi, P., Kantomaa, T., Salo, L., Tuominen, M.: Effect of reduced articular function on deposition of type I and type II collagens in the mandibular condylar cartilage of the rat. *Arch Oral Biol* 41: 127-131, 1996
289. Pöllmann, L.: Sounds produced by the mandibular joint in a sample of healthy workers. *J Orofac Pain* 7: 359-361, 1993

290. Posnick, J. C., Goldstein, J. A.: Surgical management of temporomandibular joint ankylosis in the pediatric population. *Plast Reconstr Surg* 91: 791-798, 1993
291. Posselt, U.: Physiology of occlusion and rehabilitation. Blackwell Scientific Publ, Oxford 1962
292. Posselt, U.: Treatment of bruxism by bite guards and bite plates. *Can Dent Ass J* 29: 773-777, 1963
293. Posselt, U.: The temporomandibular joint syndrome and occlusion. *J Prosthet Dent* 25: 432-438, 1971
294. Preti, G., Fava, C.: Lateral transcranial radiography of temporomandibular joints Part I: Validity in skulls and patients. *J Prosthet Dent* 59: 85-93, 1988
295. Pullinger, A. G., Hollender, L.: Assessment of mandibular condyle position: a comparison of transcranial radiographs and linear tomograms. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 60: 329-334, 1985
296. Pullinger, A. G., Hollender, L., Solberg, W. K., Petersson, A.: A tomographic study of mandibular condyle position in an asymptomatic population. *J Prosthet Dent* 53: 706-713, 1985
297. Pullinger, A. G., Balddiaceda, F., Bibb, C. A.: Relationship of the TMJ articular soft tissue to underlying bone in young adult condyles. *J Dent Res* 69: 1512-1518, 1990

298. Pullinger , A. G., Bibb, C. A., Ding, X., Baldioceda, F.: Relationship of articular soft tissue contour and shape to the underlying eminence and slope profile in young adult temporomandibular joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 76: 647- 654, 1993
299. Pullinger, A. G., White, S. C.: Efficacy of TMJ radiographs in term of expected versus actual findings. *Oral Surg* 3: 367-374, 1995
300. Quinn, J. H.: Pathogenesis of temporomandibular joint chondromalacia and arthralgia. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am* 1: 47-57, 1989
301. Radin, E. L., Ehrlich, M. G., Chernack, R., Abernethy, P., Paul, I. L., Rose, R. M.: Effect of repetitive impulsive loading on the knee joints of rabbits. *Clin Orthop* 131: 288-293, 1978
302. Ramfjord, S. P.: Bruxism, a clinical and electromyographic study. *J Am Dent Assoc* 62: 35-58, 1961
303. Ramfjord, S. P., Ash, A. S.: Occlusion. Saunders Co, Philadelphia 1971
304. Ramfjord, S. P., Ash, A. S.: Individuelle optimale Okklusion. Quintessenz, Berlin 1992
305. Ramieri, G., Bonardi, G., Morani, V., Panzica, G. C., Del Tetto, F., Arisio, R., Preti, G.: Development of nerve fibres in the temporomandibular joint of the human fetus. *Anat Embryol (Berl.)* 194: 57-64, 1996
306. Rammelsberg, P., Pospiech, P. R., Jäger, L., Pho Duc J.M., Böhm, A. O., Gernet, W.: Variability of disk position in asymptomatic volunteers and patients with internal derangements of the TMJ. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83: 393-399, 1997

307. Randow, K.: The effect of an occlusal interference on the masticatory system. *Odont Revy* 27: 245-256, 1976
308. Rasse, M., Schober, C., Piehslinger, E., Scholz, R., Hollmann, K.: Intra- and extra-capsular condyle fractures in the growth period. Therapy, clinical course, complications. *Dtsch Zahnärztl Z* 46: 49-51, 1991
309. Rees, L. A.: The structure and function of the mandibular joint. *Br Dent J* 96: 125-133, 1954
310. Ren, Y. F., Isberg, A., Westesson, P. L.: Condyle position in the temporomandibular joint. Comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patients with disk displacement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 80: 101-107, 1995a
311. Ren, Y. F., Isberg, A., Westesson, P. L.: Steepness of the articular eminence in the temporomandibular joint. Tomographic comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patient with disk displacement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 80: 258-266, 1995b
312. Perrini, F., Tallents, R. H., Katzberg, R. W., Ribeiro, R. F., Kyrkanides S., Moss, M. E.: Generalized joint laxity and temporomandibular disorders. *J Orofac Pain* 11: 215-221, 1997
313. Reuther, J., Breuer, B., Spitz, P., Frenkel, G.: Veränderung der Gelenkfunktion durch Osteotomien im aufsteigenden Unterkieferast. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 26: 108-111, 1981

314. Reynolds, S. T., Ellis, E., Carlson, D. S.: Adaptation of the suprahyoid muscle complex to large mandibular advancements. J Oral Maxillofac Surg 46: 1077-1085, 1988
315. Rieder, C. E., Martinoff, J. T., Wilcox, S. A.: The prevalence of mandibular dysfunction. Part I: Sex and age distribution of related signs and symptoms. J Prosthet Dent 50: 81-88, 1983
316. Riise, C., Sheikholeslam, A.: The influence of experimental interfering occlusal contacts on the postural activity of the anterior temporal and masseter muscles in young adults. J Oral Rehabil 9: 419-425, 1982
317. Roasted, P.: Use of acupuncture in dentistry. Aust Dent J 43: 437, 1998
318. Roberts, W. J., Elardo, S. M.: Sympathetic activation of A-delta nociceptors. Somatosens Res 3: 33-44, 1985
319. Roberts, C. A., Tallents, R. H., Katzberg, R. W., Sanchez-Woodworth, R. E., Espeland, M. A., Handelsmann, S. L.: Comparison of internal derangements of the TMJ with occlusal findings. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 63: 645-650, 1987
320. Rocabado, M., Iglarsh, Z. A.: Musculoskeletal approach to maxillofacial pain. Lippincott, Philadelphia 1991
321. Rohin, M., Akerman, S., Kopp, S.: Tomography as an aid to detect macroscopic changes of the temporomandibular joint. An autopsy study of the aged. Acta Odontol Scand 44: 131-140, 1986



322. Ronquillo, H. I., Guay, J., Tellents R. H., Katzberg, R., Murphy, W., Proskin, H.: Comparison of condyle-fossa relationships with unsuccessful protrusive splint therapy. *J Craniomandib Disord* 2: 178-180, 1988
323. Rother, U., Biedermann, F.: Standardization recommendations of modified Schuller`s exposure, of close-up exposure (stomatological radiodiagnostic equipment) and posterior-anterior exposure according to Clementschitsch for temporomaxillary joint representation. *Radiol Diagn (Berl.)* 19: 432-437, 1978
324. Rudy, T. E., Turk, D. C., Kubinski, J. A., Zaki, H. S.: Differential treatment responses of TMD patients as a function of psychological characteristics. *Pain* 61: 103-112, 1995
325. Sader, R., Zeilhofer, H. F., Deppe, H., Kling, B., Wagner-Manslau, C.: Video- und computergestützte Hochfrequenzarthrosonographie des Kiefergelenks. *Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir* 19: 12-14, 1995a
326. Sader, R., Zeilhofer, H. F., Deppe, H., Horsch, H. H., Kling, B.: Highresolution-arthrosonography of the temporomandibular joint with video and computer support. *SPIE* 2433: 368-376, 1995b
327. Sailer, H. F., Haers, P. H.: Komplikationen bei bimaxillären chirurgischen Eingriffen. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40: 41-49, 1996
328. Sandler, N. A., Buckley, M. J., Cillo, J. E., Braun, T. W.: Correlation of inflammatory cytokines with arthroscopic findings in patients with temporomandibular joint internal derangements. *J Oral Maxillofac Surg* 56: 534-543, 1998

- 329. Scapino, R. P.: Histopathology associated with malposition of the human temporomandibular joint disc. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 55: 382-397, 1983
- 330. Scapino, R. P., Canham, P. B., Finlay, H. M., Mills, D. K.: The behaviour of collagen fibres in stress relaxation and stress distribution in the jawjoint disc of rabbits. Arch Oral Biol 41: 1039-1052, 1996
- 331. Scapino, R. P.: Morphology and mechanism of the jaw joint, 23-40. I: McNeill, C.: Science and Practice of Occlusion. Quintessence, Chicago 1997
- 332. Schöttl, W.: Das TMR-System. Quintessenz, Berlin 1978
- 333. Schöttl, R.: J-4 Myo-Monitor. Gebrauchsanleitung. Frankonia Dental, Erlangen 1987
- 334. Schöttl, W.: Die cranio-mandibuläre Regulation. Hüthig, Heidelberg 1991
- 335. Schulte, W.: Knirschen und Pressen im vollbezahnten Gebiß - zugleich ein Beitrag zur Therapie der parafunktionell bedingten Kiefergelenkerkrankungen und zur Messung der Kaumuskeltätigkeit. Dtsch Zahnärztl Z 21: 112-117, 1966
- 336. Schwarzer, C. L.: Quantitative Analyse des Ursprunges sympathischer und sensibler Innervation des Kiefergelenkes der Ratte. Med Diss, Kiel 1993
- 337. Seifert, H., Jager, K.: Clinical use of duplex ultrasound in peripheral arterial occlusive disease. Vasa Suppl 27: 404-406, 1989

338. Seligman, D. A., Pullinger, A. G.: Association of occlusal variables among refined TM patient diagnostic groups. *J Craniomand Disord Facial Oral Pain* 3: 227-236, 1989
339. Serviere, F.: Postural examination in daily occlusodontology. *Cah Prothese* 65: 36-42, 1989
340. Setz, D., Fleig, H. J.: Zur röntgenologischen Defektdarstellung am Processus articularis im Summations- und Schichtbild. *Zahnärztl Welt* 12: 619-622, 1973
341. Shore, N. A.: Occlusal equilibration and temporomandibular joint dysfunction. Lippincott Co, Philadelphia 1959
342. Silvennoinen, U., Iiuka, T., Pernu, H., Oikarinen, K.: Surgical treatment of condylar process fractures using axial anchor screw fixation: a preliminary follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg* 53: 884-893, 1995
343. Silverman, S. I.: Oral physiology. Mosby, St Louis, 1961
344. Simons, D. G., Mense, S.: Understanding and measurement of muscle tone as related to clinical muscle pain. *Pain* 75: 1-17, 1998
345. Smith, M. D.: Orthopedic aspects of cervical spine disorders in children and adolescents. *Curr Opin Pediatr* 5: 374-378, 1993
346. Solberg, W. K., Flint, R. T., Brantner, J. P.: Temporomandibular joint pain and dysfunction: A clinical study of emotional and occlusal components. *J Prosthet Dent* 28: 412-422, 1972

- 347. Solberg, W. K., Woo, M. W., Houston, J. B.: Prevalence of mandibular dysfunction in young adults. J Am Dent Assoc 98: 25-34, 1979
- 348. Solberg, W. K.: Temporomandibular disorders: clinical significance of TMJ changes. Br Dent J 160: 231-236, 1986
- 349. Solow, B., Siersbaek-Nielsen, S.: Cervical and craniocervical posture as predictors of craniofacial growth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 101: 449-458, 1992
- 350. Spiessl, B., Schroll, K.: Gesichtsschädel. In: Nigst, H.: Spezielle Frakturenlehre, Bd. 1. Thieme, Stuttgart 1972
- 351. Stachniss, V.: Diagnostik und Therapie okklusionsbedingter Störungen der Kiefergelenkfunktion. Möglichkeiten und Grenzen. Hanser, München 1984
- 352. Stegenga, B.: Temporomandibular joint osteoarthritis and internal derangement. Diagnostic and treatment outcome assessment. Van Denderen, Groningen 1991
- 353. Strohaber, R. H.: A comparison of articular mountings made with centric relation and myocentric position records. J Prothet Dent 28: 379-383, 1972
- 354. Stuart: 1978 steht in: Stuart, Ch. E.: Methoden der Einschleiftechnik aus Gnathologische Zahnpräparation, Quintessenz, 1986, 71
- 355. Stucki-McCormick, S. U.: The effect of distraction osteogenesis on the temporomandibular joint, pp. 75-103. In: McNamara, J. A., Trotman, C. A.: Distraction osteogenesis and tissue engineering. University of Michigan, Ann Arbor 1998

356. Stylogianni, L., Arsenopoulos A., Patrikiou, A.: Fractures of the facial skeleton in children. *Br J Oral Maxillofac Surg* 29: 9-11, 1991
357. Suarez, F. R., Bhussry, B. R., Neff, P. A., Huang, H. K., Vaughn, D.: A preliminary study of computerized Tomographs of the temporomandibular joint. *Compend Contin Educ Dent* 1: 217-222, 1980
358. Sullivan, S. M., Banghart, P. R., Anderson, Q.: Magnetic resonance imaging assessment of acute soft tissue injuries to the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg* 53: 763-767, 1995
359. Summer, J. D., Westesson, P. L.: Mandibular repositioning can be effective in treatment of reducing TMJ disk displacement. A long-term clinical and MR imaging follow-up. *Cranio* 15: 107-120, 1997
360. Takaku, S., Yoshida, M., Sano, T., Toyoda, T.: Magnetic resonance images in patients with acute traumatic injury of the temporomandibular joint: a preliminary report. *J Craniomaxillofac Surg* 24: 173-177, 1996
361. Talwar, R. M., Ellis, E., Throckmorton, G. S.: Adaptations of the masticatory system after bilateral fractures of the mandibular condylar process. *J Oral Maxillofac Surg* 56: 430-439, 1998
362. Tanaka, T. T.: Advanced dissection of the temporomandibular joint. Instruction video, 1988

363. Tasaki, M. M., Westersson, P. L., Isberg, A. M., Ren, Y. F., Tallents, R. H.: Classification and prevalence of temporomandibular joint disk displacement in patients and symptom-free volunteers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 109: 249-262, 1996
364. Tegelberg, A., Kopp, S.: Short-term effect of physical training on temporomandibular joint disorder in individuals with rheumatoid arthritis and ankylosing spondylitis. *Acta Odontol Scand* 46: 49-56, 1988
365. Tello, R., Soujanen, J., Costello, P., McGinnes, A.: Comparison of spiral CT and conventional CT in 3D visualization of facial trauma: work in progress. *Comput Med Imaging Graph* 18: 423-427, 1994
366. Thielemann, K.: Das Gleithindernis als ätiologischer Faktor für die Lokalisation der Parodontose. *Dtsch Zahnärztl Wschr* 50: 1194-1197, 1935
367. Thomas, C. A., Okeson, J. P.: Evaluation of lateral pterygoid muscle symptoms using a common palpation technique and method of functional manipulation. *Cranio* 5: 125-129, 1987
368. Thompson, J. R., Christiansen, E., Hasso, A. N., Hinshaw, D. B. Jr.: Temporomandibular joint: high-resolution computed tomographic evaluation. *Radiology* 150: 105-110, 1984
369. Tradowsky, M., Kubicek, W. F.: Method of determining the physiologic equilibrium point of the mandible. *J Prothet Dent* 45: 558-563, 1981
370. Travell, J. G., Simons, D. G.: Myofascial pain and dysfunction. The trigger point manual. Williams and Wilkins, Baltimore 1983

371. Tuinzing, D. B., Swart J. G. N.: Lageveränderungen des Caput mandibulare bei Verwendung von Zugschrauben nach sagittaler Osteotomie des Unterkiefers. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 2: 94-102, 1978
372. Türp, J. C., Vach, W., Strub, J. R., Harbich, K., Alt, K. W.: Erkennung von mandibulären Asymetrien auf der Panoramaschichtaufnahme. Ein Beispiel für die Notwendigkeit der Beurteilung der Güte eines diagnostischen Verfahrens. Schweiz Monatsschr Zahnmed 105: 755-759, 1995
373. Türp, J. C., Stoll, P., Schlotthauer, U., Vach, W., Strub, J. R.: Computerized axiographic evaluation of condylar movements in cases with fractures of the condylar process: a follow up over 19 years. J Craniomaxillofac Surg 24: 46-52, 1996a
374. Türp, J. C., Vach, W., Harbich, K., Alt, K. W., Strub, J. R.: Determining mandibular condyle and ramus height with the help of an Orthopantomogram – a valid method? J Oral Rehabil 23: 395-400, 1996b
375. Türp, J. C., Alt, K. W., Vach, W., Harbich, K.: Mandibular conlyles and rami are asymmetric structures. Cranio 16: 51-56, 1998
376. Umstadt, U. E., Hochban, W., Austermann, K. H., Künneke, M.: Resorbable dowels for osteosynthesis of non-congruent bone fragments. Int J Oral Maxillofac Surg 23: 446-449, 1994

377. Umstadt, U. E., Lalyko, G., Hochban, W., Austermann, K. H.:  
Kiefergelenkfunktion und -morphologie nach Unterkieferumstellungs-  
osteotomien mit und ohne Positionierungsplatten. Mund Kiefer  
Gesichtschir 2: 177-182, 1998
378. Wabeke, K. B., Hansson, T. L., Hoogstraten, J., van der Kuy, P.:  
Temporomandibular joint clicking: a literature overview. J  
Craniomandib Disord 3: 163-173, 1989
379. Wanman, A.: The relationship between muscle tenderness and  
craniomandibular disorders: a study of 35-year-olds from the general  
population. J Orofac Pain 9: 235-243, 1995
380. Ward, D. M., Behrents, R. G., Goldberg, J. S.: Temporomandibular  
synovial pressure response to altered mandibular position. Am J  
Orthod Dentofac Orthop 98: 22-28, 1990
381. Watted, N., Bill, J.: Untergesichtsverlängerung bei der Klasse-II-  
Dysgnathien: Neues von der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen  
Therapie. Ästhetische Zahnmedizin 4: 292-300, 1999
382. Watted, N., Bill, J., Witt, E., Reuther, J.: Lengthening of the lower face  
angle class II patients with skelettaly deep bite (short-face-syndrome)  
through combined orthodontic-surgical treatment. 75th Congress of  
the European Orthodontic Society Strasbourg, France, 1999
383. Watted, N., Witt, E., Bill, J.: Therapy Concept for the combined  
orthodontic-surgical Treatment of Angle Class II Deformities with  
Short-face Syndrome: New Aspects for surgical Lengthining of the  
Lower Face. Clin Orthod Res 3: 78-93, 2000



384. Watted, N., Teuscher, T., Wieber, M.: Die Analyse des vertikalen Gesichtsaufbaus als Planungsorientierung in der orthognathen Chirurgie. Kieferorthop 16: 29-44, 2002
385. Weber, R.: Die biologische konstruierte Zahnprothese im Mustikcator. Iig, Argau 1965
386. Weinberg, L. A.: Temporomandibular joint function and its effect on centric relation. J Prosthet Dent 30: 673-674, 1973
387. Wenneberg, B., Kopp, S., Grondahl, H. G.: Long-term effect of intraarticular injection of a glucocorticosteroid into the TMJ: a clinical and radiographic 8-year follow-up. J Craniomandib Disord 5: 11-18, 1991
388. Westermarck, A. H., Sindet-Pedersen, S., Boyne, P. J.: Bony ankylosis of the temporomandibular joint: case report of a child treated with delrin condylar implants. J Oral Maxillofac Surg 48: 861-865, 1990
389. Westesson, P.L., Eriksson, L., Kurita, K.: Reliability of a negative clinical temporomandibular joint examination: prevalence of disk displacement in asymptomatic temporomandibular joints. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 68: 551-554, 1989
390. Westesson, P. L., Paesani, D.: MR imaging of the TMJ. Decreased signal from the retrodiskal tissue. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 76: 631-635, 1993
391. Whaites, E., Brown, J.: An update on dental imaging. Br Dent J 185: 166-172, 1998

- 392. White, S. C., Pullinger, A. G.: Impact of TMJ radiographs on clinical decision making. *Oral Surg* 3: 375-381, 1995
- 393. Widdicombe, J. G.: Neural control of airway vasculature and edema. *Am Rev Resp Dis* 143: 18-21, 1991
- 394. Widmark, G.: On surgical intervention in the temporomandibular joint. *Swed Dent J Suppl* 123: 1-87, 1997
- 395. de Wijer, A., Lobbezoo-Scholte, A. M., Steenks, M. H., Bosman, F.: Reliability of clinical findings in Temporomandibular disorders. *J Orofac Pain* 9: 181-191, 1995
- 396. de Wijer, A., de Leeuw, J. R., Steenks, M. H., Bosman, F.: Temporomandibular and cervical spine disorders. Self-reported signs and symptoms. *Spine* 21: 1638-1646, 1996
- 397. de Wijer, A., Steenks, M. H., Bosman, F., Helders, P. J., Faber, J.: Symptoms of the stomatognathic system in temporomandibular and cervical spine disorders. *J Oral Rehabil* 23: 733-741, 1996a
- 398. de Wijer, A., Steenks, M. H., De Leeuw, J. R., Bosman F., Helders, P. J.: Symptoms of the cervical spine in temporomandibular and cervical spine disorders. *J Oral Rehabil* 23: 742-750, 1996b
- 399. Wilkinson, T. M., Crowley, C. M.: A histologic study of retrodiscal tissues of the human temporomandibular joint in the open and closed position. *J Orofac Pain* 8: 7-17, 1994
- 400. Williamsone, E. H., Evans, D. L., Barton, W. A., Williams, B. H.: The effect of bite plane use on terminal hinge axis location. *Angle Orthod* 47: 25-33, 1977

401. Williamsone, E. H., Caves, S. A., Edenfield, R. J., Morse, P. K.:  
Cephalometric analysis: comparisons between maximum  
intercuspatation and centric relation. Am J Orthod 74: 672-677, 1978
402. Wilson, B. B.: Panoramic and transcranial radiology in orthodontics and  
craniomandibular disorders. J Gen Orthod 7: 12-20, 1996
403. Wolf, R., Weißling, C.: Die zentrische Okklusionskorrektur mit Hilfe eines  
im Artikulator gefertigten Jig. Zahnärztl Welt 101: 508-511, 1992
404. Wolff, H. D.: Neurophysiologische Aspekte des Bewegungssystems.  
Springer, Berlin 1996
405. Worsaae, N., Thorn, J. J.: Surgical versus nonsurgical treatment of  
unilateral dislocated low subcondylar fractures: a clinical study of 52  
cases. J Oral Maxillofac Surg 52: 353-360, 1994
406. Zarb, G. A., Thomson, G. W.: The treatment of patients with  
temporomandibular joint pain dysfunction syndrome. J Can Dent  
Assoc 41: 410-417, 1975
407. Zenker, W.: Das retroarticuläre, plastische Polster des Kiefergelenkes und  
seine mechanische Bedeutung. Z Anat Endw 119: 375-388, 1956
408. Zimmer, B., Engelke, D., Radlanski, R. J., Kubein-Meesenburg, D.:  
Veränderungen der Öffnungsmobilität durch die chirurgische  
Unterkieferverlagerung. Fortschr Kieferorthop 52: 78-83, 1991
409. Zimny, M. L.: Mechanoreceptors in articular tissues. Am J Anat 182: 16-32,  
1988



## **Danksagung**

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Josip S. Bill danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas und die Übernahme des Referats.

Frau Professor Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Mein Dank geht auch an Benno Schulz, Boerje Devoti, Daniel Bauer und Kristina Perzborn, ohne deren Unterstützung in Layout-Fragen und der graphischen Gestaltung die Durchführung der Arbeit sehr viel länger gedauert hätte.



# CHRISTIAN VON SCHILCHER

THEODOR STORM STR. 3  
40699 ERKRATH

christian.schilcher@web.de



**GEBOREN** 11.10.1976, DÜSSELDORF  
**STAATSANGEHÖRIGKEIT** DEUTSCH  
**FAMILIENSTAND** LEDIG

## ELTERN

*Dr. rer. nat. Clemens von Schilcher*  
*Ilse von Schilcher*

*Chemiker*  
*MTA*

## AUSBILDUNG

WS 1997 – SS 2002

**Bayerische Julius-Maximilians-Universität**

**Würzburg**

*Staatsexamen Dezember 2002*

*Physikum im April 2000*

*Vorphysikum im Oktober 1998*

1996 – 1997

**Zivildienst**

**Garmisch-Partenkirchen**

*In der Notaufnahme*  
*des Kreiskrankenhauses*

1987 – 1996

**St.-Ursula-Gymnasium-Düsseldorf**

**Düsseldorf**

*Staatlich genehmigtes privates Gymnasium des Erzbistums Köln*  
*Abitur im Frühjahr 1996*

## APPROBATION

2003

**Deutschland**

**Würzburg**

*Erhalt der deutschen Approbation*

2003

**Schweiz**

**Bern**

*Erhalt der Schweizer Approbation*

2003

**England**

**London**

*Erhalt der Approbation des vereinigten Königreichs*



*Christian von Schilcher*

*Februar 2004*

